



เอกสารวิชาการ

ช่างอุปกรณ์ไฟฟ้า

และ

ช่างเดินสาย

กรมอุทการเรือ

(จัดพิมพ์เมื่อ กันยายน ๒๕๔๘)

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 การป้องกันอันตรายและการปฐมพยาบาลผู้ถูกไฟฟ้าดูด	1
บทที่ 2 สายไฟฟ้าและการต่อสาย	12
2.1 มาตรฐานต่าง ๆ ที่ควรรู้จัก	12
2.2 ดัชนีแสดงค่ามาตรฐานการป้องกัน (Degree of Protection)	12
2.3 สายไฟฟ้าในระบบแรงต่ำ	13
2.4 การเลือกใช้สายไฟฟ้า	19
2.5 สายไฟฟ้าแรงสูง	32
2.6 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า	36
2.7 การวัดขนาดของสาย	43
2.8 การต่อสายไฟฟ้า	45
บทที่ 3 การเดินสายไฟฟ้าและอุปกรณ์สำหรับเดินสายไฟฟ้า	74
3.1 เครื่องมือ	74
3.2 อุปกรณ์การเดินสาย	76
3.3 กฎการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง	79
3.3.1 การเดินสายเปิดบนวัสดุฉนวน (Open wiring)	80
3.3.2 การเดินสายในท่อสาย (Wiring in raceway)	81
3.3.3 การเดินสายบนผิว (Surface raceway)	94
3.3.4 การเดินสายบนรางเดินสาย (Cable trays)	95
บทที่ 4 การต่อลงดิน	106
4.1 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า	106
4.2 การต่อลงดินของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า	110
4.3 การต่อลงดินที่เมนสวิตช์	114
4.4 การกำหนดชนิดและขนาดของสายดิน	115
4.5 การใช้สายดินร่วมกัน	117
4.6 การต่อฝาก (Bonding)	118
4.7 การกำหนดขนาดสายดินของวงจรมอเตอร์	119
4.8 การต่อลงดินของล่อฟ้า	119
4.9 หลักรีดดิน	121

	หน้า
บทที่ 5 สายเมน สายป้อน วงจรย่อย	124
5.1 วงจรย่อย	125
5.1.1 โหลดไฟฟ้าแสงสว่าง	125
5.1.2 โหลดเต้ารับ	125
5.1.3 โหลดอื่น ๆ	126
5.2 สายป้อน	127
5.3 เมนสวิตช์	131
บทที่ 6 หม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์ไฟฟ้า	142
6.1 หม้อแปลงไฟฟ้า	142
6.1.1 ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า	142
6.1.2 การกำหนดขนาดของหม้อแปลง	142
6.1.3 การป้องกันกระแสวิก	143
6.1.4 ข้อกำหนดเฉพาะสำหรับการติดตั้งหม้อแปลงแบบต่าง ๆ	143
6.2 มอเตอร์	150
6.2.1 การกำหนดขนาดของสายไฟฟ้าของวงจรมอเตอร์	151
6.2.2 การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจร	157
6.2.3 Demand factor ของสายป้อนวงจรมอเตอร์	165
6.2.4 การกำหนดขนาดปรับตั้งเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลัง	165
6.2.5 เครื่องควบคุมมอเตอร์	166
6.2.6 เครื่องปลดวงจร	167
6.2.7 มอเตอร์สำหรับระบบแรงสูง	169
บทที่ 7 ระบบไฟฟ้าภายในอาคาร	172
7.1 ระบบไฟฟ้าภายในอาคาร	172
7.2 อาคารชุด อาคารสูง และอาคารขนาดใหญ่พิเศษ	176
7.2.1 การจ่ายไฟ	176
7.2.2 การคำนวณโหลด	177
7.2.3 การกำหนดขนาดมาตรวัดไฟฟ้า	180
7.2.4 การป้องกันกระแสวิก	181
7.2.5 การกำหนดขนาดสายไฟฟ้าและการเดินสาย	182

	หน้า
7.2.6 ข้อกำหนดอื่น ๆ	184
บรรณานุกรม	187

บทที่ 1

การป้องกันอันตรายและการปฐมพยาบาลผู้ถูกไฟฟ้าดูด

การทำงานกับไฟฟ้าแรงสูง

เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงจะสามารถส่งกระแสไฟฟ้าไปได้ในระยะทางที่ไกลและมีการสูญเสียทางไฟฟ้าต่ำกว่าระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำ ดังนั้นระบบส่งจ่ายไฟฟ้าในระยะทางไกลหรือที่มีโหลดไฟฟ้าขนาดใหญ่ของการไฟฟ้าฯ จึงต้องส่งด้วยแรงดันสูงแทบทั้งสิ้น ระบบส่งจ่ายไฟฟ้าที่การไฟฟ้าฯ ใช้มีทั้งระบบสายได้ดินและระบบสายไฟฟ้าเดินลอยบนเสาไฟฟ้า สำหรับระบบสายไฟฟ้าแรงสูงเดินลอยบนเสาไฟฟ้านี้ แรงดันสูงที่ใช้ในการส่งไฟฟ้าสามารถที่จะทำให้เกิดการกระโดดข้ามอากาศหรือฉนวนไฟฟ้าเข้าหาวัตถุหรือสิ่งมีชีวิตได้โดยไม่ต้องสัมผัสหรือแตะสายไฟ หากวัตถุหรือสิ่งมีชีวิตนั้นอยู่ภายในระยะอันตรายที่ไฟฟ้าแรงสูงสามารถกระโดดข้ามได้ ระยะอันตรายนี้ขึ้นอยู่กับระดับแรงดันไฟฟ้าแรงสูงที่ใช้โดยแรงดันยิ่งสูงระยะที่ไฟฟ้าสามารถกระโดดข้ามได้ก็จะไกลขึ้น ในการทำงานในบริเวณที่มีสายไฟฟ้าแรงสูงเดินลอยบนเสาไฟฟ้าพาดผ่าน จึงจำเป็นต้องใช้ความระมัดระวังเป็นอย่างสูง ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความปลอดภัยและเพิ่มความมั่นใจในการทำงาน เราจึงควรทำความเข้าใจถึงระยะห่างที่ปลอดภัยในการทำงานสำหรับไฟฟ้าแรงดันสูงระดับต่าง ๆ ไว้พอสังเขป

รู้ระดับแรงดันของสายไฟฟ้าแรงสูงเดินลอยบนเสาไฟฟ้าโดยการสังเกต

ไฟฟ้าแรงดันสูงที่มีใช้งานจะมีระดับแรงดันที่แตกต่างกันไปสำหรับการไฟฟ้าฯ ต่าง ๆ ดังนี้

การไฟฟ้านครหลวง ใช้ระดับแรงดัน 12,000, 24,000, 69,000 และ 115,000 โวลต์ เป็นส่วนใหญ่และมีใช้ระดับแรงดัน 23,000 โวลต์ อยู่บ้าง

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยทั่วไปใช้ระดับแรงดัน 22,000, 33,000 และ 115,000 โวลต์

ถ้าสังเกตสายไฟฟ้าแรงสูงเดินลอยบนเสาไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่ทั่วไป จะพบเห็นการจับยึดสายโดยมีฉนวนไฟฟ้าที่แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้เนื่องจากสายไฟฟ้าแรงสูงเดินลอยบนเสาไฟฟ้ามีระยะอันตรายที่จะเกิดการกระโดดข้ามของกระแสไฟฟ้าจากสายไฟฟ้าได้ ดังนั้นจึงต้องมีการจับยึดสายไฟฟ้าด้วยวัสดุที่เป็นฉนวนไฟฟ้าในจำนวนที่พอเหมาะกับระดับแรงดันไฟฟ้าแรงสูงนั้น ฉนวนไฟฟ้าที่ใช้กันส่วนใหญ่จะทำด้วยกระเบื้องเคลือบเป็นชั้น ๆ มีรูปร่างเหมือนขามคว่ำที่เรียกว่า ลูกถ้วย ดังนั้นเราจึงสามารถสังเกตว่าเป็นสายไฟฟ้าแรงสูงระดับแรงดันเท่าใดได้จากการยึดสายไฟฟ้าด้วยลูกถ้วยเป็นชั้น ๆ ซึ่งจำนวนชั้นของลูกถ้วยจะบอกถึงระดับแรงดันไฟฟ้าของไฟฟ้าแรงสูงนั้น ๆ ได้วิธีสังเกตง่าย ๆ เพื่อให้ทราบถึงระดับแรงดันไฟฟ้าสามารถสังเกตได้ดังนี้

โดยการนับจำนวนชั้นของลูกถ้วย

จำนวนชั้นของลูกถ้วยคว่ำ	ระดับแรงดันไฟฟ้า (โวลต์)
2-3	12,000 – 24,000
4	69,000
7	115,000

โดยสังเกตจากความสูงของสายไฟฟ้า เทียบกับอาคาร

ระดับความสูงของสายไฟฟ้า	ระดับแรงดันไฟฟ้า (โวลต์)
อาคารชั้นที่ 2 – 3	12,000 – 24,000
อาคารชั้นที่ 4 ขึ้นไป	69,000 – 115,000

ทั้งนี้ระดับความสูงของสายไฟฟ้าแรงสูงเดินลอยบนเสาไฟฟ้ามักจะอยู่สูงจากพื้นดินตั้งแต่ 6 เมตรขึ้นไปโดยเสาไฟฟ้าที่ใช้โดยทั่วไปกำหนดความสูงไว้ตั้งแต่ 6 เมตร จนถึง 22 เมตร ตามระดับของแรงดันไฟฟ้า

ระยะห่างที่ปลอดภัยจากสายไฟฟ้าแรงสูง สายไฟฟ้าแรงสูงเดินลอยบนเสาไฟฟ้าที่ใช้ส่งกระแสไฟฟ้าไปตามท้องถนนหรือทุ่งนานั้นส่วนใหญ่จะไม่มีฉนวนหุ้ม หรือหากมีฉนวนหุ้มก็จะหุ้มบาง ๆ ไว้เท่านั้น ซึ่งถือว่าไม่ปลอดภัยที่จะสัมผัสหรือแตะต้อง การหุ้มฉนวนที่ปลอดภัยนั้นจะต้องมีฉนวนที่หนาเพียงพอ ซึ่งจะทำให้สายไฟฟ้ามีน้ำหนักมากไม่สามารถพาดไปบนเสาไฟฟ้าธรรมดาได้ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้ไฟฟ้าและเพื่อเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า การไฟฟ้านครหลวงจึงได้กำหนดมาตรฐานระยะห่างที่ปลอดภัยจากไฟฟ้าแรงสูงไว้ โดยกำหนดทั้งระยะห่างต่ำสุดตามแนวดิ่งและแนวระดับสำหรับบริเวณต่าง ๆ ไว้ ซึ่งรายละเอียดระยะห่างต่ำสุดนี้มีระบุไว้ในกฎการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง หรือมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยของ วสท. ทั้งนี้มาตรฐานบางส่วนของระยะห่างต่ำสุดที่ปลอดภัยสำหรับสายไฟฟ้าแรงสูงกับอาคารหรือสิ่งก่อสร้าง และกับผูปฏิบัติงานมีดังนี้

อาคาร / สิ่งปลูกสร้าง มาตรฐานระยะห่างในแนวระดับที่ปลอดภัยระหว่างอาคาร/สิ่งปลูกสร้างหรือป้ายโฆษณากับสายไฟฟ้าแรงสูงเดินลอยบนเสาไฟฟ้า

ระดับแรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	ระยะห่างจากสายไฟในแนวระดับไม่น้อยกว่า (เมตร)	
	อาคาร / ระเบียง	ป้ายโฆษณา
12,000 – 24,000	1.80	1.80
69,000	2.13	1.80
115,000	2.30	2.30

หมายเหตุ ระยะดังกล่าวไม่ครอบคลุมการทำงานนอกตัวอาคาร หรือบนระเบียงเปิดที่อาจมีการยื่นวัตถุออกนอกตัวอาคารซึ่งจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานระยะห่างที่ปลอดภัยสำหรับการทำงาน หรือจะต้องมีการหุ้มหรือคลุมสายเพื่อความปลอดภัย

ผู้ปฏิบัติงาน / การทำงาน

มาตรฐานระยะห่างที่ปลอดภัยของการทำงานใกล้สายไฟฟ้าแรงสูงเดินลอยบนเสาไฟฟ้าสำหรับบุคคลหรือผู้ที่ปฏิบัติงานรวมถึงอุปกรณ์เครื่องมือกลทุกชนิดเช่นบันจัน รถเครน หรือวัตถุที่ถืออยู่ในมือจะต้องอยู่ห่างจากส่วนที่มีไฟฟ้าแรงสูงไม่น้อยกว่าระยะดังต่อไปนี้

ระดับแรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	ระยะห่างที่ปลอดภัย (เมตร)
12,000 – 69,000	3.05
115,000	3.20

หมายเหตุ หากบริเวณที่ต้องการปฏิบัติงานมีระยะห่างที่ต่ำกว่ามาตรฐาน จะต้องแจ้งให้การไฟฟ้านครหลวงดำเนินการหุ้มหรือคลุมสายก่อนลงมือทำงาน

ทั้งนี้ในกรณีที่มีการหุ้มหรือคลุมสายไฟฟ้าแรงสูงเดินลอยบนเสาไฟฟ้าด้วยฉนวนไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวงแล้วนั้น จะเป็นการช่วยให้สามารถทำงานในระยะที่ใกล้มากขึ้นเท่านั้น มิได้หมายความว่ามีความปลอดภัยเพียงพอที่จะสัมผัสได้ ผู้ปฏิบัติงานยังคงต้องใช้ความระมัดระวังในการทำงานเช่นเดิม

สำหรับนั่งร้านและปั้นจั่นชนิดติดกับตัวรถมีระยะห่างที่ปลอดภัยดังนี้

นั่งร้าน

ระดับแรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	ระยะห่างที่ปลอดภัย (เมตร)
ไม่เกิน 12,000	2.40
24,000	3.00
69,000	3.30
115,000	3.90
230,000	5.30

ปั้นจั่นชนิดติดกับตัวรถ (ใช้บังคับกรณีของเครื่องตอกเสาเข็มด้วย)

ระดับแรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	ระยะห่างที่ปลอดภัย (เมตร)
ไม่เกิน 24,000	3.05
69,000	3.20
115,000	3.65
230,000	4.80

ข้อควรระวังในการทำงานใกล้สายไฟฟ้าแรงสูงเดินลอยบนเสาไฟฟ้า

1. ห้ามทำนั่งร้านค้ำหรือคร่อมใกล้สายไฟฟ้าแรงสูงที่ไม่มีฉนวนปิดคลุมขณะที่ทำการก่อสร้าง หรือทำป้ายโฆษณา
2. กรณีที่ต้องมีการปฏิบัติงานใกล้สายไฟฟ้าแรงสูงน้อยกว่าระยะห่างที่ปลอดภัยตามข้างต้น ต้องแจ้งให้การไฟฟ้าฯ ดำเนินการหุ้มหรือคลุมสายไฟฟ้าแรงสูงในบริเวณนั้น ๆ ก่อนลงมือทำงาน
3. ห้ามทำงานใกล้สายหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงในขณะที่มีฝนตกฟ้าคะนอง
4. ห้ามฉีด พ่น เทหรือราดน้ำใด ๆ ใกล้สายไฟฟ้าแรงสูงดังนี้ การฉีดน้ำด้วยสายยาง การต่อท่อน้ำทิ้งที่ไหลออกจากกระเบื้องหรือกันสาดทำให้ลำน้ำเข้าใกล้หรือกระทบสายไฟหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง หลีกเลี่ยงการติดตั้งหอระบายความร้อน (Cooling Tower) หรืออุปกรณ์ที่ทำให้เกิดละอองน้ำใกล้สายไฟฟ้าแรงสูง เนื่องจากละอองน้ำมักจะทำให้ฉนวนไฟฟ้าเสื่อมสภาพ

5. ห้ามจุดไฟเผาขยะหรือหญ้ารวมทั้งการทำอาหารทุกชนิดเช่น การปิ้งย่าง ผัด หรือทอดที่ให้ความร้อนและควันไฟรมหรือพ่นใส่สายไฟฟ้าหรือฉนวนไฟฟ้าแรงสูง ซึ่งอาจทำให้ฉนวนไฟฟ้าเสื่อมสภาพได้

6. ห้ามจับดึงหรือแหว่งลวดสลิงที่ใช้ยึดโยงเสาไฟฟ้าแรงสูงหรือบริเวณโคนเสาไฟฟ้าเพราะอาจจะไปกระทบสายไฟฟ้าแรงสูง

7. ห้ามไต่หรือขึ้นไปบนเสาไฟฟ้าทุกชนิดทุกกรณี

8. การก่อสร้างอาคาร บ้านพักอาศัย และปลูกต้นไม้ต้องห่างจากสายไฟฟ้าแรงสูงตามระยะที่กำหนด เพื่อป้องกันมิให้สัมผัสกับสายไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าแรง

9. ควรระมัดระวังเครื่องมือกลทุกชนิดที่ใช้ในงานก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ งานปรับปรุงหรือก่อสร้างสาธารณูปโภคต่าง ๆ เข้าใกล้สายไฟฟ้าแรงสูงเกินกว่าระยะปลอดภัยที่กำหนด

10. ระมัดระวังผ้าคลุมกันฝุ่นระหว่างทำการก่อสร้าง มิให้ปลิวมาสัมผัสสายไฟฟ้าแรงสูง

11. กิ่งไม้ที่แตะสายไฟฟ้าอาจทำให้มีไฟรั่วลงมาตามกิ่งไม้ ทำให้ได้รับอันตรายจากไฟฟ้ารั่วได้ จึงต้องระมัดระวังคอยดูแลตัดแต่งกิ่งไม้ไม่ให้เข้าใกล้สายไฟฟ้าเกินระยะปลอดภัยที่กำหนด ทั้งนี้ถ้าไม่แน่ใจในการดำเนินการให้แจ้งการไฟฟ้าฯ ก่อนดำเนินการ

12. จัดให้มีการอบรมพนักงานเพื่อให้ทราบถึงข้อควรระวังในการทำงานในบริเวณที่มีสายไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง รวมถึงอบรมการใช้เครื่องมือดับเพลิงให้มีความรู้เกี่ยวกับวิธีการใช้เครื่องมือดับเพลิงว่าเป็นชนิดที่เหมาะสมสำหรับใช้ดับเพลิงซึ่งเกิดกับสิ่งที่มีกระแสไฟฟ้าหรือไม่ และระยะห่างควรเป็นเท่าใด

13. หากพบว่ามีเสียงดังคล้ายเสียงผึ้งบินบริเวณอุปกรณ์หรือสายไฟฟ้าแรงสูงบนเสาไฟฟ้าให้รีบแจ้งการไฟฟ้าฯ ในทันที เพื่อดำเนินการตรวจสอบและแก้ไข

14. ควรติดตั้งป้ายหรือสัญญาณเตือนภัยแสดงเขตอันตรายจากไฟฟ้าแรงสูงให้เห็นอย่างเด่นชัดเสมอ.

ผู้ที่ช่วยเหลือผู้ที่ประสบอันตรายจากไฟฟ้าต้องรู้จักวิธีที่ถูกต้องในการช่วยเหลือดังนี้

1. อย่าใช้มือเปล่าแตะต้องตัวผู้ที่ติดอยู่กับกระแสไฟฟ้า หรือตัวนำที่เป็นต้นเหตุให้เกิดอันตรายเป็นอันตราย เพื่อป้องกันมิให้ถูกกระแสไฟฟ้าจนได้รับอันตรายไปด้วยอีกผู้หนึ่ง

2. รีบหาทางตัดกระแสไฟฟ้าโดยจับไขว่ จะด้วยการถอดปลั๊กหรืออ้าสวิตช์ออกก็ได้

3. ใช้วัตถุที่ไม่เป็นสื่อไฟฟ้า เช่น ผ้าแห้ง ไม้แห้ง เชือกที่แห้ง สายยาง หรือพลาสติกที่แห้งสนิท ถูมืออย่าง หรือผ้าแห้งพันมือให้หนา แล้วจึงผลักหรือฉุดตัวผู้ประสบอันตรายให้หลุดออกมาโดยเร็ว เจียสายไฟให้หลุดออกจากตัวผู้ประสบอันตราย

4. หากเป็นสายไฟฟ้าแรงสูงให้พยายามหลีกเลี่ยง แล้วรีบแจ้งการไฟฟ้านครหลวงให้เร็วที่สุด

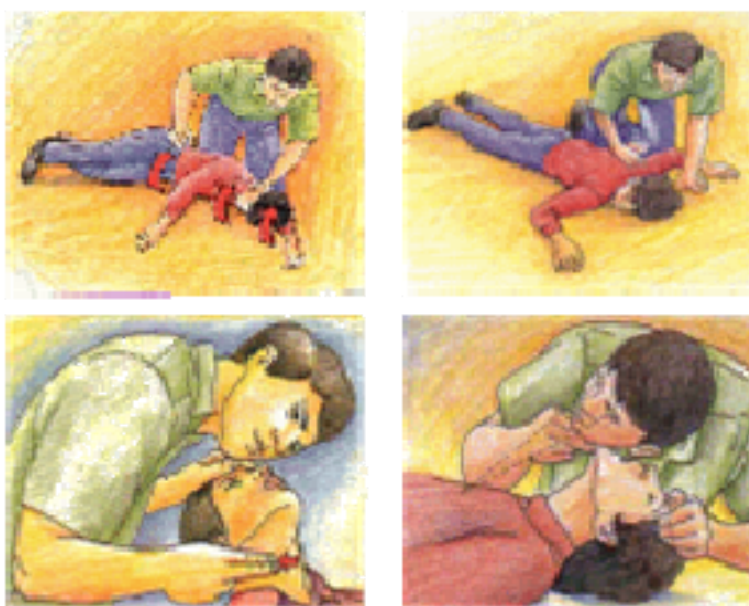
5. อย่าลงไปใต้น้ำกรณีที่มิกระแไฟฟ้าอยู่ในบริเวณที่มีน้ำขัง ต้องหาทางเช็ดสายไฟฟ้าออกให้พ้นหรือตัดกระแสไฟฟ้าก่อน จึงค่อยไปช่วยผู้ประสบอันตราย

การช่วยผู้ประสบอันตรายจากไฟฟ้าดังที่กล่าวมาแล้วจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกระทำด้วยความรวดเร็ว รอบคอบ และระมัดระวังเป็นพิเศษด้วย

การปฐมพยาบาล

เมื่อได้ทำการช่วยเหลือผู้ประสบอันตรายมาได้แล้วจะด้วยวิธีใดก็ตาม หากปรากฏว่าผู้เคราะห์ร้ายที่ช่วยออกมา นั้นหมดสติไม่รู้สีกตัว หัวใจหยุดเต้น และไม่หายใจ ซึ่งสังเกตได้จากอาการที่เกิดขึ้นดังนี้ คือ ริมฝีปากเขียว สีหน้าซีดเขียวคล้ำ ทรวงอกเคลื่อนไหวน้อยมากหรือไม่เคลื่อนไหว จีวรบริเวณคอเต้นช้าและเบามาก ถ้าหัวใจหยุดเต้นจะคลำชีพจรไม่พบ ม่านตาขยายกว้างไม่หดเล็กลงหมดสติไม่รู้สีกตัว ต้องรีบทำการปฐมพยาบาลทันที เพื่อให้ปอดและหัวใจทำงาน โดยวิธีการผายปอดด้วยการให้ลมทางปาก หรือที่เรียกว่า “เป่าปาก” ร่วมกับการนวดหัวใจก่อนนำผู้ป่วยส่งแพทย์

การผายปอดโดยวิธีให้ลมทางปาก



1. ให้ผู้ป่วยนอนราบ จัดท่าที่เหมาะสมเพื่อเปิดทางอากาศเข้าสู่ปอด โดยผู้ปฐมพยาบาลอยู่ทางด้านข้างขวาหรือข้างซ้ายบริเวณศีรษะของผู้ป่วย ใช้มือข้างหนึ่งค้ำคางผู้ป่วยมาข้างหน้า พร้อมกับใช้มืออีกข้างหนึ่งดันหน้าผากไปทางหลัง เป็นวิธีป้องกันไม่ให้ลิ้นตกไปอุดปิดทางเดินหายใจ แต่ต้องระวังไม่ให้นิ้วมือที่ค้ำคางนั้นกดคลิกลงไปในส่วนเนื้อใต้คาง เพราะจะทำให้อุดตันทางเดินหายใจได้

โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเด็กเล็ก ๆ สำหรับเด็กแรกเกิดไม่ควรนอนหงายคอมากเกินไป เพราะแทนที่จะเปิดทางเดินหายใจ อาจจะทำให้หลอดลมแฟบ และอุดตันทางเดินหายใจได้

2. สอดนิ้วหัวแม่มือเข้าไปในปากจนปากอ้า ล้วงสิ่งของในปากที่จะขวางทางเดินหายใจออกให้หมด เช่น ฟันปลอม เศษอาหาร เป็นต้น

3. ผู้ปฐมพยาบาลอ้าปากให้กว้าง หายใจเข้าเต็มที่ มือข้างหนึ่งบีบจมูกผู้ป่วยให้แน่นสนิท ในขณะที่มืออีกข้างยังคงค้ำคางผู้ป่วยมาข้างหน้า แล้วจึงประกบปิดปากผู้ป่วยพร้อมเป่าลมเข้าไป ทำในลักษณะนี้เป็นจังหวะ 12-15 ครั้ง ต่อนาที

4. ขณะทำการเป่าปาก ต้องเหลือบดูด้วยว่าหน้าอกผู้ป่วยมีการขยายขึ้นลงหรือไม่ หากไม่มีการกระเพื่อมขึ้นลงอาจเป็นเพราะท่านอนไม่ดีหรือมีสิ่งกีดขวางทางเดินหายใจ

ในรายที่ผู้ป่วยอ้าปากไม่ได้ หรือด้วยสาเหตุใดที่ไม่สามารถเป่าปากได้ ให้เป่าลมเข้าทางจมูกแทน โดยใช้วิธีปฏิบัติทำนองเดียวกับการเป่าปาก

ในรายเด็กแรกเกิด หรือเด็กเล็กใช้วิธีเป่าลมเข้าทางปากและจมูกไปพร้อมกัน
การให้โลหิตไหลดเวียนโดยวิธีนวดหัวใจ



เมื่อพบว่าหัวใจผู้ป่วยหยุดเต้นโดยทราบได้จากการฟังเสียงหัวใจเต้น และการจับชีพจรดูการเต้นของหลอดเลือดแดงที่คอ ที่ขาหนีบ ที่ข้อพับแขน หรือที่ข้อมือต้องรีบทำการช่วยให้หัวใจกลับเต้นทันที การนวดหัวใจดังวิธีการต่อไปนี้

1. ให้ผู้ป่วยนอนราบกับพื้นแข็ง ๆ หรือใช้ไม้กระดานรองที่หลังของผู้ป่วย ผู้ปฐมพยาบาล หรือผู้ปฏิบัติถูกเข่าลงข้างขวาหรือข้างซ้ายบริเวณหน้าอกผู้ป่วย คลำหาส่วนล่างสุดของกระดูกอกที่ต่อ

กับกระดูกซี่โครง โดยใช้นิ้วสัมผัสชายโครงไล่ขึ้นมา (หากลูกเข้าข้างขวาใช้มือขวาคลำหากระดูกอก หากลูกเข้าข้างซ้ายใช้มือซ้าย)

2. วางนิ้วชี้และนิ้วกลางตรงตำแหน่งที่กระดูกซี่โครงต่อกับกระดูกอกส่วนล่างสุด วางสันมืออีกข้างบนตำแหน่งถัดจากนิ้วชี้และนิ้วกลางนั้น ซึ่งตำแหน่งของสันมือที่วางอยู่บนกระดูกหน้าอกนี้จะเป็นตำแหน่งที่ถูกต้องในการนวดหัวใจต่อไป

3. วางมืออีกข้างทับลงบนหลังมือที่วางในตำแหน่งที่ถูกต้องแล้วเหยียดนิ้วมือตรงแล้วเกี่ยวนิ้วมือ 2 ข้างเข้าด้วยกัน แล้วเหยียดแขนตรงโน้มตัวตั้งฉากกับหน้าอกผู้ป่วย ทิ้งน้ำหนักลงบนแขนขณะกดกับหน้าอกผู้ป่วย ให้กระดูกลดระดับลง 1.5 - 2 นิ้ว เมื่อกดสุดให้ผ่อนมือขึ้นโดยที่ตำแหน่งมือไม่ต้องเลื่อนไปจากจุดที่กำหนด ขณะกดหน้าอกนวดหัวใจห้ามใช้นิ้วมือกดลงบนกระดูกซี่โครงผู้ป่วย

4. เพื่อให้ช่วงเวลาการกดแต่ละครั้งคงที่ และจังหวะการสูบนิดเลือด ออกจากหัวใจพอเหมาะกับการร่างกายต้องการ ใช้วิธีนับจำนวนครั้งที่กดดังนี้ หนึ่ง และสอง และสาม และสี่ และห้า โดยกดทุกครั้งทีนับตัวเลข และปล่อยตอนคำว่าและสลับกันไป ให้ได้อัตราการกดประมาณ 80-100 ครั้งต่อนาที

5. ถ้าผู้ปฏิบัติมีคนเดียว ให้นวดหัวใจ 15 ครั้ง สลับกับการเป่าปาก 2 ครั้ง ทำสลับกันเช่นนี้จนครบ 4 รอบ แล้วให้ตรวจชีพจร และการหายใจ หากคลำชีพจรต้องนวดหัวใจต่อ แต่ถ้าคลำชีพจรได้และยังไม่หายใจ ต้องเป่าปากต่อไปอย่างเดียว

6. ถ้ามีผู้ปฏิบัติ 2 คน ให้นวดหัวใจ 5 ครั้ง สลับกับการเป่าปาก 1 ครั้ง โดยขณะที่เป่าปากอีกคนหนึ่งต้องหยุดนวดหัวใจ

7. ในเด็กแรกเกิดหรือเด็กอ่อน การนวดหัวใจใช้เพียงนิ้วหัวแม่มือกดกลางกระดูกหน้าอก ให้ได้อัตราเร็ว 100 – 120 ครั้งต่อนาที โดยใช้นิ้วมือโอบรอบทรวงอกสองข้างแล้วใช้นิ้วหัวแม่มือกด

ในการนวดหัวใจตามที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ ต้องทำอย่างระมัดระวังและถูกวิธี ถ้าทำไม่ถูกวิธีหรือรุนแรงอาจเกิดอันตรายได้ เช่น กระดูกซี่โครงหัก ดับและม้ามแตกได้ โดยเฉพาะในเด็กเล็กยิ่งต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ

การเป่าปากเพื่อช่วยหายใจและการนวดหัวใจเพื่อช่วยในการไหลเวียนเลือดนี้ต้องทำให้สัมพันธ์กัน แต่อย่าทำพร้อมกันในขณะเดียวกัน เพราะจะไม่ได้ผลทั้งสองอย่าง

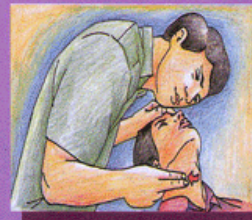
เมื่อช่วยหายใจและนวดหัวใจอย่างได้ผลแล้ว 1 – 2 นาที ให้สังเกตว่าผู้ป่วยมีหัวใจเต้นได้เองอย่างต่อเนื่องหรือไม่ สีผิว การหายใจ และความรู้สึกตัวดีขึ้นหรือไม่ ม่านตาหดเล็กลงหรือไม่ หากผู้ป่วยมีอาการดังกล่าว แสดงว่าการปฐมพยาบาลได้ผล แต่ถึงกระนั้นก็ไม่ควรเลิกช่วยเหลือจนกว่าจะส่งผู้ป่วยให้อยู่ในความดูแลของแพทย์แล้ว

ขั้นตอนการช่วยเหลือผู้ประสบอันตรายจากไฟฟ้า โดยการทำให้ CPR

1. ตรวจดู



- ตรวจการหายใจ

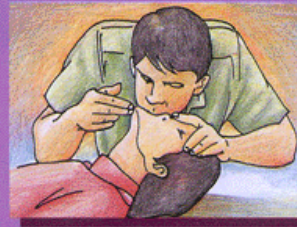


- ตรวจชีพจร

2. เปิดทางเดินลมหายใจ



3. เป่าปาก 2 ครั้ง



4. นวดหัวใจ



- วางมือตรงกึ่งกลาง
หน้าอกเหนือลิ้นปี่เล็กน้อย



- กดหน้าอก
ลึก 1 1/2 ถึง 2 นิ้ว
กด 15 ครั้ง
(วินาทีละ 1 ครั้ง)

5. ทำการช่วยเหลืออย่างต่อเนื่องจนกว่าจะถึงมือแพทย์



- ผู้ช่วยเหลือคนเดียว
เป่าปาก 2 ครั้ง
นวดหัวใจ 15 ครั้ง



- ผู้ช่วยเหลือ 2 คน
เป่าปาก 1 ครั้ง
นวดหัวใจ 5 ครั้ง



ฝ่ายป้องกันอุบัติเหตุ การไฟฟ้านครหลวง

ที่มา : ฝ่ายป้องกันอุบัติเหตุ การไฟฟ้านครหลวง

ข้อแนะนำ

เมื่อต้องปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ไฟฟ้า

- 1) ก่อนลงมือปฏิบัติงานเกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ให้ตรวจหรือวัดด้วยเครื่องมือว่ามีกระแสไฟฟ้า ในสายไฟฟ้าหรืออุปกรณ์นั้นๆ หรือไม่
- 2) จะต้องต่อสายดินของอุปกรณ์นั้นๆ ลงดินตลอดเวลาที่ทำงานอยู่กับอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นๆ
- 3) การต่อสายดิน ให้ต่อทางด้านปลายที่ต่อลงดินก่อนเสมอ จากนั้นจึงต่อปลายอีกข้างหนึ่งของสายดินเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้า
- 4) การสัมผัสกับอุปกรณ์ไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำใดๆ หากไม่แน่ใจให้ใช้หลังมือสัมผัสแทนก่อน
- 5) การจับต้องอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าไหลอยู่ จะต้องกระทำโดยอาศัยเครื่องมือ หรืออุปกรณ์และวิธีการที่ถูกต้องเท่านั้น
- 6) เครื่องมือหรือเครื่องใช้ที่ทำงานอยู่กับอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ไขควง คีม ต้องเป็นแบบที่มีฉนวนหุ้มอย่างดี และถอดออกแบบมาให้ใช้กับงานทางไฟฟ้า
- 7) ขณะทำงานอยู่กับอุปกรณ์ไฟฟ้า ต้องมั่นใจว่าไม่มีส่วนใดของร่างกาย หรือเครื่องมือที่ใช้อยู่สัมผัสกับส่วนที่มีไฟฟ้าของอุปกรณ์นั้น อย่างพลั้งเผลอ
- 8) การใช้กุญแจล็อกสวิตช์ไฟฟ้าการแขวนหรือปลดป้ายเตือน ต้องกระทำโดยบุคคลเดียวกันเสมอ
- 9) การขึ้นที่สูงเพื่อทำงานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าต้องใช้เข็มขัดนิรภัยเสมอ หากไม่มีก็อาจจะใช้เชือกขนาดใหญ่ทุกครั้ง คล้องเอาไว้กับโครงสร้างส่วนต่างๆ ของอาคารที่มีความแข็งแรง
- 10) การทำงานเกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้า หากเป็นไปได้ควรมีผู้คอยช่วยเหลือ

การใช้ไฟฟ้าด้วยความปลอดภัย

1) ความปลอดภัยเกี่ยวกับอาคารบ้านเรือน

1.1 รั้วหรือหลังคาซึ่งเป็นโลหะอาจจะสัมผัสกับสายไฟฟ้า และมีกระแสไฟฟ้าไหลอยู่ด้วยซึ่งเราไม่รู้ก็ได้ จึงควรระมัดระวังอย่าให้คมสักรัดหรือโลหะบาดหรือเสียดสีกับสายไฟฟ้าได้ โดยใช้หลอดกระเบื้องสวมสายไฟฟ้ากันไว้ และควรระวังตะปูตอกยึดสักรัดจะหลุดไปถูกสายไฟฟ้า

1.2 ห้องน้ำเป็นสถานที่ที่มีความเปียกชื้นอยู่เป็นประจำ และเมื่อร่างกายเราก็กเปียกชื้นย่อมมีโอกาสที่จะได้รับอันตรายจากกระแสไฟฟ้าได้ง่าย ฉะนั้นจึงไม่ควรติดสวิตช์หรือเต้าเสียบ หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่มีการป้องกันอย่างเพียงพอไว้ภายในห้องน้ำ และก่อนทำการเปลี่ยนหลอดไฟแสงสว่างควรตัดกระแสไฟฟ้าในห้องน้ำเสียก่อน

2) ความปลอดภัยเกี่ยวกับอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้า

2.1) เสื่ออากาศวิทยุหรือโทรทัศน์ อาจแตะกับสายไฟฟ้าหรืออาจถูกฟ้าผ่าเป็นอันตรายต่อชีวิต หรือทรัพย์สินได้ จึงควรติดตั้งให้ห่างจากสายไฟฟ้าในระยะที่เมื่อเสื่ออากาศหักแล้วไม่ล้มไปพาดสายไฟฟ้าได้

2.2) อย่าให้หลอดซึ่งเมื่อใช้งานมีความร้อนสูงอยู่ใกล้กับวัตถุที่สามารถติดไฟได้ง่าย เช่น มุ้ง กระดาษ ฝ้าย เป็นต้น

2.3) อย่าวางสายไฟฟ้าสอดใต้พรมปูพื้น ใต้บานประตู หน้าต่าง หรือขวางทางเดิน เพราะเมื่อถูกเหยียบย่ำหรือกดทับเป็นเวลานาน จะทำให้ฉนวนของสายไฟฟ้าชำรุดและเกิดอันตรายได้

2.4) หลอดที่ขาดแล้วควรใส่อยู่กับข้าวหลอดตลอดเวลา จนกว่าจะทำการเปลี่ยนหลอดใหม่ เพื่อป้องกันผู้รู้เท่าไม่ถึงการณ์เอานิ้วแหย่เข้าไป

2.5) หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีอายุการใช้งานมานาน จะมีสีดำที่ขั้วหลอดและจะดำเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ต่อไปหลอดไฟจะกระพริบและไม่ติด ถ้าขั้วหลอดแดงและไม่ติดแสดงว่าสตาร์ทเตอร์เสีย ทั้งสองกรณีไม่ควรปล่อยทิ้งไว้ เพราะจะทำให้บัลลาสต์ร้อนจัดจนเกิดเพลิงไหม้ได้ ควรเปลี่ยนหลอดและสตาร์ทเตอร์ใหม่ทันที

3. ความปลอดภัยเกี่ยวกับเครื่องมือเครื่องใช้ไฟฟ้า

3.1) เครื่องมือไฟฟ้าชนิดต่างๆ เช่น สว่านไฟฟ้า เลื่อยไฟฟ้า เป็นเครื่องมือที่ใช้งานสมบุกสมบันจึงอาจเกิดการชำรุดได้ง่ายจนมีกระแสรั่วไหลที่ครอบโลหะภายนอกได้ ควรเลือกซื้อตราอักษรที่ได้รับการรับรองมาตรฐานจากสถาบันที่น่าเชื่อถือ และถ้าเป็นเครื่องมือที่มีสายดินต้องไขปลั๊กที่มีสามขาเพื่อเสียบกับเต้ารับแบบสามขา ถ้าไม่มีก็ต้องจัดหาสายเส้นที่สามมาต่อเข้ากับกรอบโลหะเป็นสายดิน เมื่อเกิดกระแสรั่วไหลออกมาจากกรอบโลหะจะได้ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้

3.2) ตู้เย็น ตู้แช่ ควรต่อสายดินเช่นเดียวกับเครื่องไฟฟ้าชนิดอื่นๆ ที่มีฝาครอบเป็นโลหะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งตู้เย็นที่ตั้งอยู่บนพื้นคอนกรีต ใกล้ที่ชื้นแฉะ

3.3) การต่อสายดินเครื่องใช้ไฟฟ้าที่วางอยู่กับที่ เช่น ตู้เย็น เครื่องซักผ้า เครื่องอบผ้า ตู้แช่ ซึ่งมีตัวถังเป็นโลหะ ให้ใช้สายทองแดงขนาด 8 ตร.มม. โดยให้ปลายข้างหนึ่งขันให้แน่นด้วยสกรูหรือบัดกรีเข้ากับตัวถังที่เป็นโลหะของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น แล้วจัดวางเรียงสายให้เรียบร้อยในแนวทางที่จะสามารถต่อเข้ากับหลักดินซึ่งอยู่ใกล้เครื่องมากที่สุด

4. ความปลอดภัยกรณีเกิดน้ำท่วม

เมื่อเกิดน้ำท่วม เนื่องจากฝนตกหนัก น้ำหลาก เมื่อเห็นว่าระดับน้ำสูงขึ้นจะท่วมสวิตช์หรือเต้าเสียบ หรืออุปกรณ์ไฟฟ้า ให้ทำการตัดไฟฟ้าที่แผงสวิตช์รวมก่อน แล้วดำเนินการย้าย สวิตช์ เต้าเสียบ อุปกรณ์ไฟฟ้า ฯลฯ ขึ้นให้พ้นระดับน้ำ ถ้าเป็นไปได้ควรให้ช่างไฟฟ้าที่มีความชำนาญมาทำการแก้ไข

บทที่ 2

สายไฟฟ้าและการต่อสาย

2.1 มาตรฐานต่างๆ ที่ควรรู้จัก

ในการออกแบบหรือติดตั้งระบบไฟฟ้า นอกจากการคำนวณตามหลักวิศวกรรมศาสตร์แล้ว ยังต้องอ้างอิงมาตรฐานอุปกรณ์ และมาตรฐานการติดตั้งเข้ามาเกี่ยวข้องอีกด้วย

มาตรฐานของอุปกรณ์จะเป็นตัวกำหนดคุณภาพและคุณสมบัติต่างๆ ที่จำเป็นของตัวอุปกรณ์ ทั้งนี้ก็เพื่อสามารถใช้อุปกรณ์นั้นๆ ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย และอีกประการหนึ่งก็คืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีผู้ผลิตหลายราย ซึ่งมีคุณสมบัติและมาตรฐานเหมือนกัน ซึ่งสามารถใช้แทนกันได้ เพื่อสะดวกในการใช้งาน

ในการติดตั้งระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์จำเป็นต้องอ้างอิงมาตรฐานการติดตั้ง เพื่อให้การติดตั้งใช้งานเป็นไปอย่างถูกต้อง และไม่ต้องมาถกเถียงกันว่า การติดตั้งแบบใดเป็นแบบที่ถูกต้อง

ปัจจุบันมาตรฐานอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ของประเทศไทย จะเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. ซึ่งกำหนดโดยสำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม และมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า ซึ่งกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย และการไฟฟ้านครหลวงใช้ ได้ยึดแนวทางของ NEC (National Electrical Code) ของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยปรับเปลี่ยนบางส่วนให้เหมาะสมกับประเทศไทย

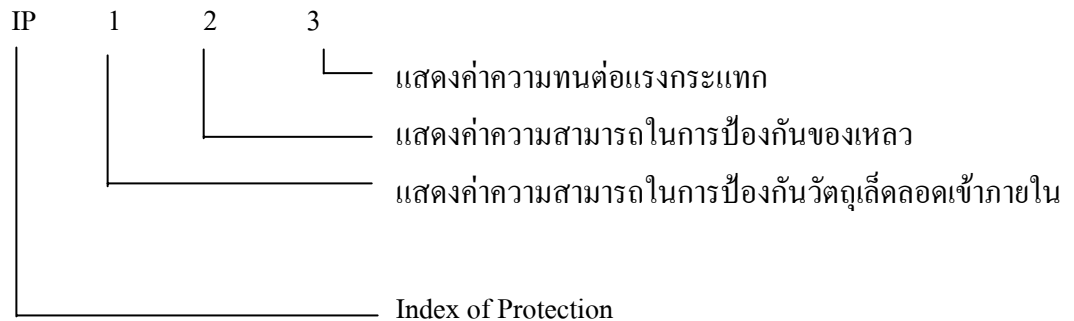
มาตรฐานอุปกรณ์ทั่วไปที่ควรรู้จักมีดังนี้

NEC	National Electrical Code
ANSI	American National Standard Institute
NEMA	National Electrical Manufacturer Association
UL	Underwriter's Laboratories Inc.
IEC	International Electro technical Commission
IEEE	Institute of Electric and Electronics Engineers
BS	British Standard
TISI	Thai International Standard Institute

2.2 ดัชนีแสดงค่ามาตรฐานการป้องกัน(Degree of Protection)

ดัชนีแสดงค่ามาตรฐานการป้องกัน เป็นการกำหนดค่าความสามารถในการป้องกันการสัมผัส และอันตรายต่อบุคคล และยังแสดงค่าในการป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดจากการที่มีของเหลวเข้าไปในตัวอุปกรณ์ รวมทั้งอาจจะแสดงค่าความสามารถในการรับแรงกระแทกหรือแรงกดดันซึ่งเป็น

การป้องกันทางกล โดยจะกำหนดเป็นค่า IP (Index of Protection) ตามมาตรฐาน IEC 529 และ DIN 40050 โดยกำหนดเป็นตัวเลข 3 หลัก หลังตัวอักษร IP เช่น

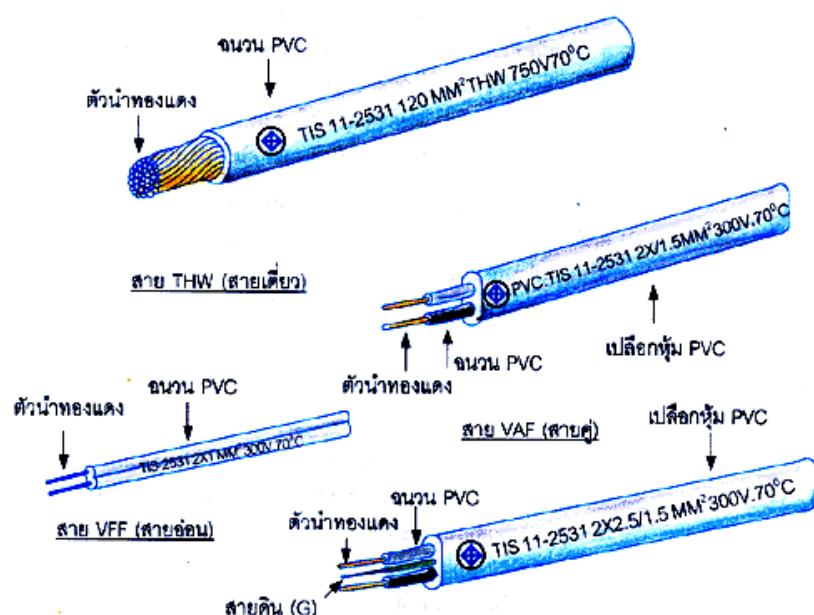


โดยทั่วไปอาจจะแสดงเป็นตัวเลขเพียงสองหลักแรกเท่านั้น เช่น IP 24 ซึ่งมีความหมายดังนี้
 หมายเลข 2 สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำกว่า 12 มม. ลอดผ่านได้
 หมายเลข 4 สามารถป้องกันน้ำ(ของเหลว) ที่สาดมาจากทุกทิศทางได้

2.3 สายไฟฟ้าในระบบแรงต่ำ

ปัจจุบันข้อกำหนดของการไฟฟ้านครหลวง บังคับให้สายไฟฟ้าแรงต่ำภายในอาคาร (ส่วนที่เป็นของผู้ใช้ไฟฟ้า) ต้องใช้ตัวนำที่ทำจากทองแดงเท่านั้น สายไฟฟ้าที่ใช้จึงแตกต่างกันที่ชนิดของฉนวน แรงดันใช้งานและโครงสร้างของฉนวน

ตัวอย่างสายไฟฟ้าแรงต่ำชนิดต่างๆ

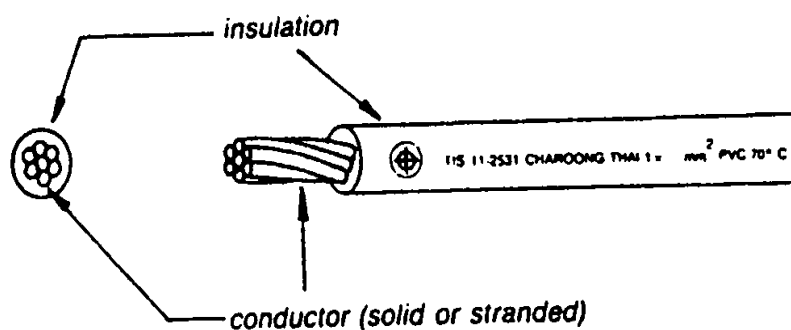


รูปที่ 1 สายไฟฟ้าแรงต่ำชนิดต่างๆ ที่ใช้งานทั่วไปตามบ้านพักอาศัย

2.3.1 สายไฟฟ้าที่ผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ที่ มอก. 11-2531

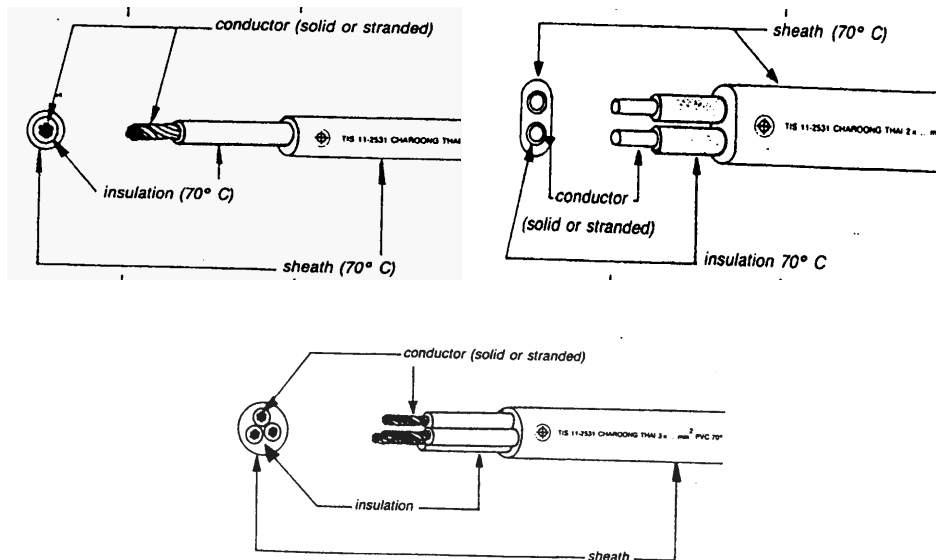
ปัจจุบัน มอก. 11-2531 เป็นมาตรฐานที่บังคับใช้สำหรับสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มด้วยฉนวน PVC (Polyvinyl Chloride) โดยกำหนดคุณสมบัติใช้งานที่ 70 องศาเซลเซียส ขนาดแรงดัน 300 โวลต์ และ 750 โวลต์ สายไฟฟ้าที่นิยมใช้งานในการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้ากำลังมีอยู่เพียงไม่กี่ชนิด เช่น

2.3.1.1 สายไฟฟ้าตาม มอก. 11-2531 ในตารางที่ 1 เป็นสายเดี่ยว หรือเรียกอีกอย่างคือ สาย IP เป็นสายชนิดทนแรงดัน 300 โวลต์ ใช้เป็นสายเดินเข้าอาคารสำหรับบ้านอยู่อาศัยที่ใช้ไฟฟ้าระบบเฟสเดียว หรือใช้เดินร้อยท่อก็ได้แต่ต้องไม่ติดตั้งแบบฝังในดิน และห้ามใช้กับไฟฟ้าระบบสามเฟส ที่มีแรงดัน 380 โวลต์ หากเดินลอยต้องติดตั้งบนลูกถ้วย และห้ามติดตั้งโดยใช้เข็มขัดรัดสาย เพราะเป็นสายเดี่ยว ดังรูปที่ 2



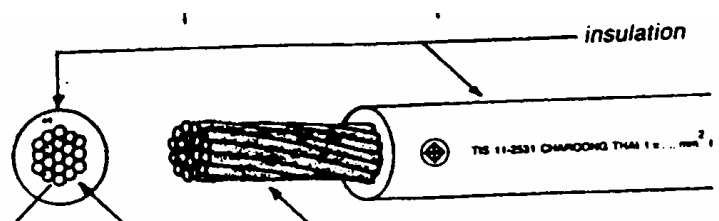
รูปที่ 2 สาย IP

2.3.1.2 สายไฟฟ้าตาม มอก. 11-2531 ตารางที่ 2 หรือสาย VAF เป็นสายชนิดทนแรงดัน 300 โวลต์ เช่นเดียวกัน มีทั้งชนิดที่เป็นสายเดี่ยว สายคู่ และชนิดที่มีสายดินอยู่ด้วย โดยชนิดที่เป็นสายเดี่ยวจะเป็นแบบสายกลม ส่วนแบบแกนคู่และสามแกน จะเป็นแบบสายแบน คำนวณนอกจากจะมีฉนวนหุ้มแล้วยังมีเปลือกหุ้มทับอีกชั้นหนึ่ง สายคู่จะนิยมเดินด้วยเข็มขัดรัดสายซึ่งเห็นทั่วไปตามบ้านพักอาศัย สายชนิดนี้ ห้ามเดินในระบบไฟฟ้าสามเฟส 380 โวลต์เช่นเดียวกัน (สำหรับไฟฟ้า สามเฟส 220 โวลต์ ใช้ได้) สายตามตารางที่ 2 แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 สาย VAF

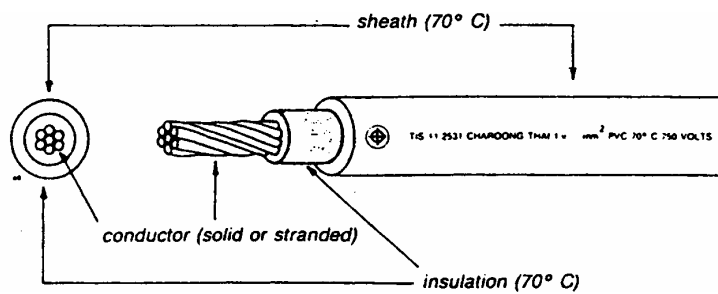
2.3.1.3 สายไฟฟ้าตาม มอก.11-2531 ตารางที่ 4 หรือเรียกว่าสาย THW เป็นสายเดี่ยว ชนิดทนแรงดัน 750 โวลต์ ซึ่งนิยมใช้กันทั่วไป โดยเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรม เพราะสามารถใช้ กับไฟฟ้าระบบสามเฟสได้ ปกติจะเดินร้อยท่อฝังดินได้ แต่เนื่องจากสายไม่ได้รับการผลิตมาให้แช่น้ำ ได้ ดังนั้นในการเดินร้อยท่อฝังดิน ควรระวังอย่าให้น้ำเข้าไปในท่อได้ และห้ามใช้สายดังกล่าวเดิน แบบฝังในดินโดยตรง สายดังกล่าวแสดงตามรูปที่ 4



รูปที่ 4 สาย THW

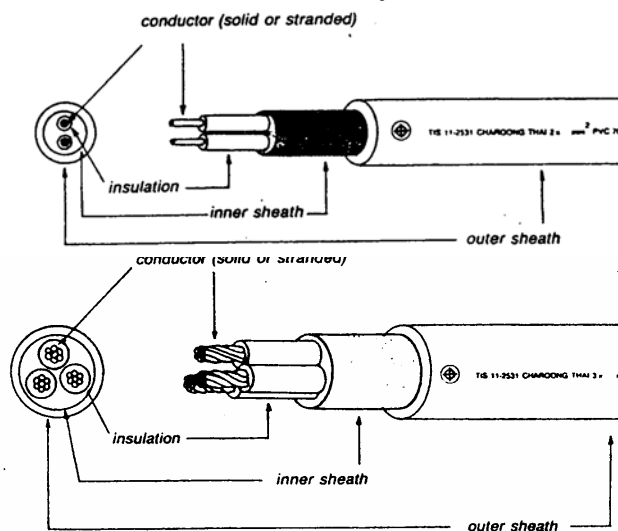
2.3.1.4 สายตาม มอก. 11-2531 ตามตารางที่ 6,7,8 และ 14 หรือเรียกว่าสาย NYY เป็น สายไฟฟ้าชนิดทนแรงดัน 750 โวลต์ มีทั้งชนิดแกนเดี่ยว และหลายแกน สายหลายแกนก็จะเป็นแบบ สายกลมเช่นกัน ซึ่งสายชนิดนี้จะเป็นสายที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีความคงทนต่อ สภาวะแวดล้อมได้เป็นอย่างดี เพราะมีเปลือกหุ้มอีกชั้นหนึ่ง บางท่านเรียกสายฉนวนสามชั้น ความ จริงแล้วเป็นสายฉนวนชั้นเดียว อีกสองชั้นที่เหลือเป็นเปลือกหุ้ม โดยที่เปลือกชั้นในทำหน้าที่เป็น แบบ ให้สายแต่ละแกนที่ดีเกลียวเข้าด้วยกัน มีลักษณะกลม แล้วจึงมีเปลือกนอกหุ้มอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งทำ หน้าที่ป้องกันความเสียหายทางกายภาพ (Physical Protection)

ก. สายตามตารางที่ 6 เป็นสาย NYY ชนิดสายเดี่ยว สายชนิดนี้จึงมีเปลือกชั้นเดียว ดังรูปที่ 5



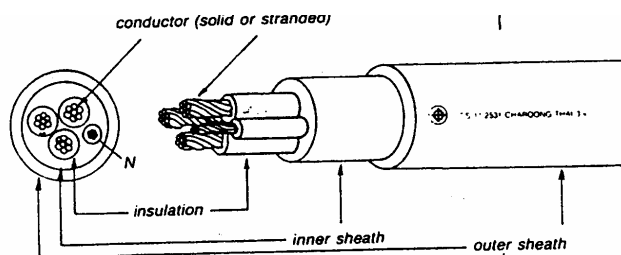
รูปที่ 5 สาย NYY แกนเดียว

ข. สายตามตารางที่ 7 เป็นสาย NYY ชนิด 2 แกน 3 แกน หรือ 4 แกน แล้วแต่ความต้องการใช้งาน ซึ่งสายชนิดนี้จะมีเปลือกสองชั้น ดังรูปที่ 6



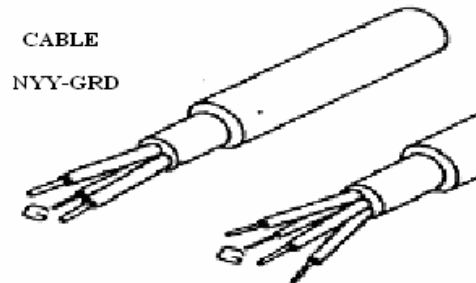
รูปที่ 6 สาย NYY ชนิด 2 แกน และ 3 แกน

ค. สายตามตารางที่ 8 เป็นสาย NYY ชนิด 4 แกน ที่มีสายนิวทรัลรวมอยู่ด้วย เรียกว่าเป็นสาย NYY-N คือมีสายไฟอยู่สามเส้น และสายนิวทรัลอยู่ด้วยเส้นหนึ่ง ซึ่งมีขนาดพื้นที่หน้าตัดเพียงครึ่งหนึ่งของสายเส้นที่มีไฟ จึงเหมาะที่จะใช้ในระบบไฟฟ้าสามเฟส 4 สาย ตามรูปที่ 7



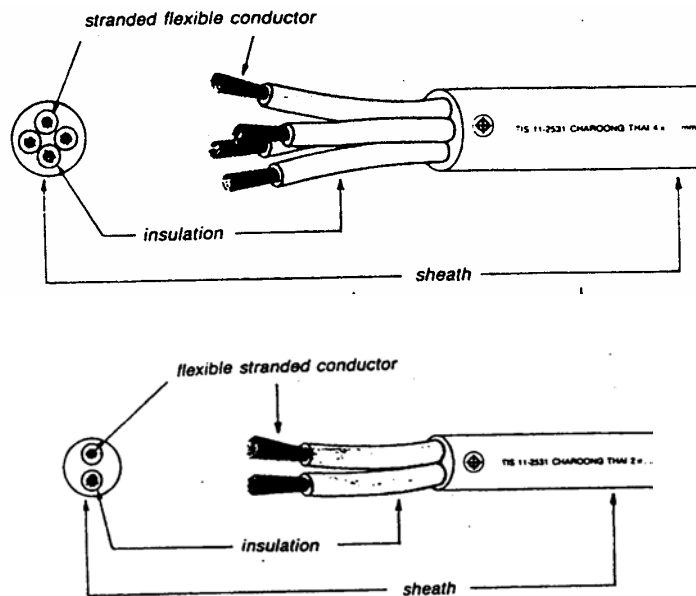
รูปที่ 7 สาย NYY-N

ง. สายตามตารางที่ 14 เป็นสาย NYY-GRD คือเป็นสายชนิด 2 แกน 3 แกน และ 4 แกน ที่มีสายดิน (Ground) รวมอยู่ด้วยอีกเส้นหนึ่ง จึงเหมาะที่จะใช้เป็นสายที่ต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่จำเป็นต้องต่อลงดิน ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 8



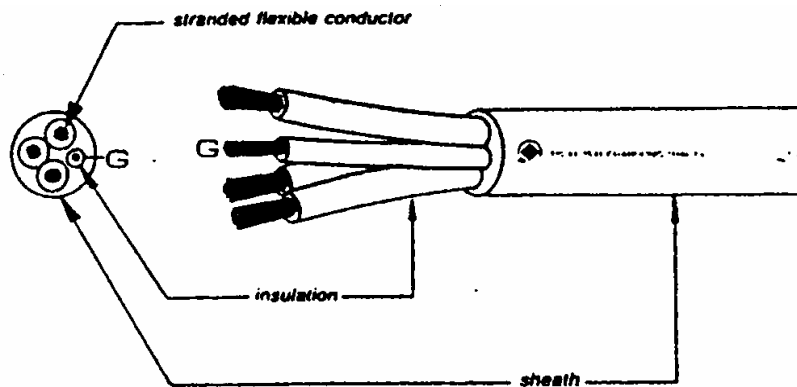
รูปที่ 8 สาย NYY-GRD

2.3.1.5 สายไฟฟ้าตาม มอก. 11-2531 ตามตารางที่ 9 และ 15 หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าสาย VCT เป็นสายกลมมีทั้งชนิด 1 แกน 2 แกน 3 แกน และ 4 แกน ทนแรงดัน 750 โวลต์ มีฉนวนและเปลือกเช่นกัน มีข้อพิเศกว่าก็คือตัวนำ จะเป็นทองแดงฝอยเส้นเล็กๆ มีข้อดี คืออ่อนตัวและทนต่อสภาพการสั่นสะเทือนได้ดี จึงเหมาะอย่างยิ่งที่จะเป็นสายที่เดินเข้าสู่เครื่องจักรที่มีการสั่นสะเทือนขณะใช้งาน สายชนิดนี้ใช้งานได้ทั่วไป และยังใช้ฝังดินโดยตรงได้อีกด้วย สายตามตารางที่ 9 แสดงตามรูปที่ 9



รูปที่ 9 สาย VCT

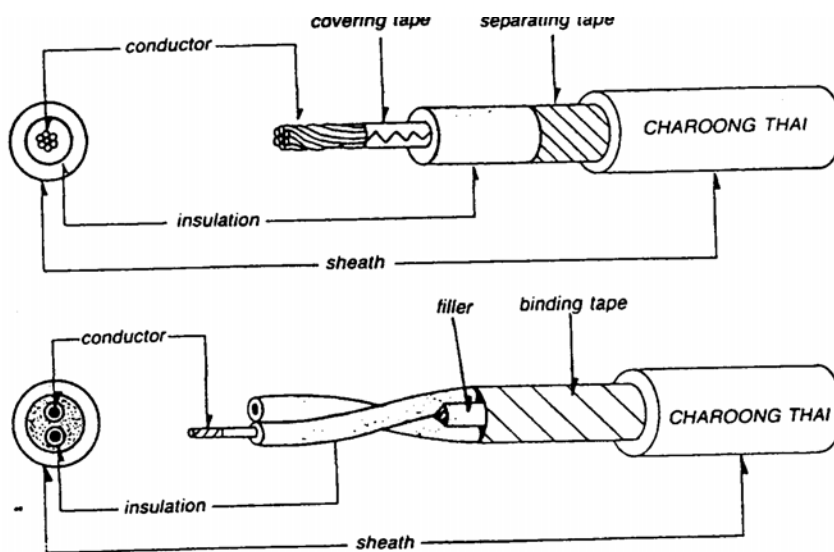
สาย VCT ตามตารางที่ 15 เป็นชนิด VCT-GRD ซึ่งมี 2 แกน 3 แกน และ 4 แกน โดยมีสายดินรวมไปด้วยอีกเส้นหนึ่ง เพื่อให้เหมาะสมในการใช้ต่ออุปกรณ์ที่จำเป็นต้องต่อลงดิน ซึ่งมีลักษณะตามรูปที่ 10



รูปที่ 10 สาย VCT-GRD

2.3.2 สายไฟฟ้าที่ผลิตตามมาตรฐานอื่น

นอกจากสายไฟฟ้าที่ผลิตตามมาตรฐาน มอก. 11-2531 แล้ว ยังมีสายไฟฟ้าที่ผลิตตามมาตรฐานอื่นๆอีก โดยเป็นสายที่มีตัวนำทำด้วยทองแดง แต่แตกต่างกันที่วัสดุที่นำมาใช้ทำฉนวน นอกจากฉนวนที่ทำมาจาก PVC แล้วยังมีฉนวนที่นิยมนำมาใช้ก็คือ XLPE (Cross-Linked Polyethylene) ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษคือ ทนอุณหภูมิได้สูงและมีความแข็งแกร่งต่อแรงเสียดสีได้ดี สายที่นิยมใช้งานอย่างกว้างขวางคือ สายที่ผลิตตามมาตรฐาน JIS C-3606 เป็นสายชนิดทนแรงดัน 600 โวลต์ อุณหภูมิใช้งานของฉนวนอยู่ที่ 90 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นผลทำให้ขนาดกระแสสูงกว่าตามมาตรฐาน มอก. 11-2531 ที่มีขนาดเดียวกัน และมีวิธีเดินสายเหมือนกัน ในการใช้งานจึงต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ โดยที่ขั้วสายที่สายชนิดนี้ต่ออยู่ต้องเป็นชนิดที่ทนอุณหภูมิได้สูง 90 องศาเซลเซียสด้วยเช่นกัน สายชนิดนี้มีทั้งแบบแกนเดี่ยว หรือหลายแกน มีเปลือกนอกเพื่อป้องกันทางกายภาพ จึงใช้งานได้ทั่วไป รวมทั้งการฝังดินโดยตรง ซึ่งแสดงภาพได้ตามรูปที่ 11



รูปที่ 11 Low Voltage Power Cable Type “CV-600V”

2.4 การเลือกใช้สายไฟฟ้า

1. ใช้เฉพาะสายไฟฟ้าที่ได้มาตรฐานจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มีเครื่องหมาย มอก.) เท่านั้น
2. สายไฟฟ้าชนิดที่ใช้เดินภายในอาคารห้ามนำไปใช้เดินนอกอาคาร เพราะแสงแดดจะทำให้ฉนวนแตกกรอบชำรุด สายไฟชนิดที่ใช้เดินนอกอาคารมักจะมีการเติมสารป้องกันแสงแดดไว้ในเปลือกหรือฉนวนของสาย สารป้องกันแสงแดดส่วนใหญ่ที่ใช้กันมากนั้นจะเป็นสีดำ แต่อาจจะเป็นสีอื่นก็ได้ การเดินร้อยในท่อก็มีส่วนช่วยป้องกันฉนวนของสายจากแสงแดดได้ในระดับหนึ่ง
3. เลือกใช้ชนิดของสายไฟฟ้าให้เหมาะสมกับสภาพการติดตั้งใช้งาน เช่น สายไฟชนิดอ่อน ห้ามนำไปใช้เดินยึดติดกับผนังหรือลากผ่านบริเวณที่มี การกดทับสาย เนื่องจากฉนวนของสายไม่สามารถรับแรงกดกระแทกจากอุปกรณ์จับยึดสายได้ การเดินสายใต้ดินก็ต้องใช้ชนิดที่เป็นสายใต้ดิน เช่น สายชนิด **NYF** พร้อมทั้งมีการเดินร้อยในท่อเพื่อป้องกันสายใต้ดินไม่ให้เสียหาย เป็นต้น
4. ขนาดของสายไฟฟ้าต้องเลือกให้เหมาะสมกับแรงดันไฟฟ้า และปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน และสอดคล้องกับขนาดของฟิวส์หรือสวิตช์อัตโนมัติที่ใช้ สำหรับขนาดสายเมนและสายต่อหลักดินนั้นก็ต้องสอดคล้องกับขนาดของเมนสวิตช์และขนาดของเครื่องวัดด้วย ตามตารางต่อไปนี้

ขนาดสายไฟฟ้าตามขนาดของเมนสวิตช์

ขนาดเครื่องวัดฯ (แอมแปร์)	เฟส	ขนาดสูงสุดของ เมนสวิตช์(แอมแปร์)	ขนาดต่ำสุดของสายเมนและ (สายต่อหลักดิน)* ตร.มม.		แรงดันไฟฟ้าของ สายเมน(โวลต์)
			สายเมนในอากาศ	สายเมนในท่อ	
5 (15)	1	16	4 (10)	4,10**(10)	300
15 (45)	1	50	10 (10)	16 (10)	300
30 (100)	1	100	25 (10)	50 (16)	300
50 (150)	1	125	35 (10)	70 (25)	300
15 (45)	3	50	10 (10)	16 (10)	750
30 (100)	3	100	25 (10)	50 (16)	750
50 (150)	3	125	35 (10)	70 (25)	750
200	3	250	95 (25)	150 (35)	750
400	3	500	240 (50)	500 (70)	750

หมายเหตุ

* สายต่อหลักดินขนาด 10 ตร.มม. ให้เดินในท่อ ส่วนสายเมนที่ใหญ่กว่า 500 ตร.มม. ให้ใช้สายต่อหลักดิน ขนาด 95 ตร.มม. เป็นอย่างน้อย

*** สายเมนที่ใช้เดินในท่อฝังดินต้องไม่เล็กกว่า 10 ตร.มม.

5. ขนาดต่ำสุดของสายดินที่เดินไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า หรือได้รับให้มีขนาดเป็นไปตามขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกินตามตารางต่อไปนี้

ขนาดต่ำสุดของสายดินของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของ เครื่องป้องกันกระแสเกิน (แอมแปร์)	ขนาดต่ำสุดของสายดินตัวนำทองแดง (ตร.มม.)
6 – 16	1.5
20 – 25	4
30 – 63	6
80 – 100	10
125 – 200	16
225 – 400	25
500	35
600 – 800	50
1,000	70
1,200 - 1,250	95
1,600 - 2,000	120
2,500	185
3,000 - 4,000	240
5,000 - 6,000	420

หมายเหตุ เครื่องป้องกันกระแสเกิน อาจจะเป็นฟิวส์หรือ สวิตช์อัตโนมัติก็ได้

ตัวอย่างขนาดสายไฟฟ้าชนิดที่มีสายดินตาม มอก. 11-2531

ขนาดสายไฟพร้อมสายดิน (ตร.มม.)		สายดินใช้สายเดี่ยว (THW) จนวนสี่ เกลียว (ตร.มม.)
สายไฟ	สายดิน	ขนาดสายดิน
2.5	1.5	2.5
4.0	2.5	2.5
6.0	4.0	4.0
10.0	4.0	4.0
16.0	6.0	6.0
25.0	6.0	6.0
35.0	10.0	10.0

หมายเหตุ ในกรณีที่สายดินเดินด้วยสายเดี่ยว สำหรับสายเส้นไฟตั้งแต่ขนาด 2.5 ตร.มม. ลงไป ขอ
แนะนำให้ใช้ขนาดสายดินเท่ากับขนาดสายเส้นไฟ เช่น

ขนาดสายไฟ (ตร.มม.)	ขนาดสายดิน (ตร.มม.)
2.5	2.5
1.5	1.5
1.0	1.0

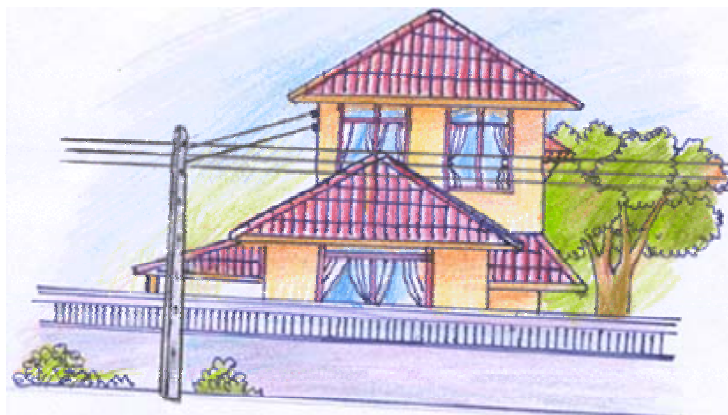
6. การเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้าให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานต่างๆ ให้เป็นไปตามตารางแสดงพิกัดกระแสไฟฟ้างานนี้

ตารางแสดงขนาดกระแสของสายไฟฟ้า

ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)						
	วิธีการเดินสาย (ดูหมายเหตุ)						
	ก	ข	ค		ง		จ
			ท่อโลหะ	ท่ออลูมิเนียม	ท่อโลหะ	ท่ออลูมิเนียม	
0.5	9	8	8	7	10	9	-
1	14	11	11	10	15	13	21
1.5	17	15	14	13	18	16	26
2.5	23	20	18	17	24	21	34
4	31	27	24	23	32	28	45
6	42	35	31	30	42	36	56
10	60	50	43	42	58	50	75
16	81	66	56	54	77	65	97
25	111	89	77	74	103	87	125
35	137	110	95	91	126	105	150
50	169	-	119	114	156	129	177
70	217	-	148	141	195	160	216
95	271	-	187	180	242	200	259
120	316	-	214	205	279	228	294
150	364	-	251	236	322	259	330
185	424	-	287	269	370	296	372
240	509	-	344	329	440	352	431
300	592	-	400	373	508	400	487
400	696	-	474	416	599	455	552
500	818	-	541	469	684	516	623

หมายเหตุ

1. วิธีการเดินสาย



แบบ ก หมายถึง สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนเดินในอากาศ



แบบ ข หมายถึง สายแบบหุ้มฉนวนมีเปลือกเดินเกาะผนัง



แบบ ค หมายถึง สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน (ไม่ต้องนับสายดิน) เดินในท่อในอากาศ ในท่อฝัง ในผนังปูนฉาบหรือในท่อในฝ้าเพดาน



แบบ ง หมายถึง สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน (ไม่ต้องนับสายดิน) เดินในท่อฝังดิน



แบบ จ หมายถึง สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือก ไม่เกิน 3 แกน (ไม่ต้องนับสายดิน) ฝังดินโดยตรง

2. วิธีนับจำนวนสายในท่อ (แบบ ค ถึงแบบ จ)

- 2.1 ไม่ต้องนับสายเส้นศูนย์ของระบบ 3 เฟส ที่ออกแบบให้ใช้ไฟสมดุลทั้ง 3 เฟส ยกเว้น ข้อ 2.2
- 2.2 ถ้าการใช้ไฟฟ้ามากกว่า 50% มาจากอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดกระแสฮาร์โมนิกในสายเส้นศูนย์ เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ เครื่องคอมพิวเตอร์ ให้นำรวมสายเส้นศูนย์ด้วย
- 2.3 การนับจำนวนสายไฟฟ้าในท่อที่มีมากกว่า 3 เส้น ให้ใช้ตัวคูณเพื่อลดขนาดของกระแสในสายไฟฟ้า ดังนี้

จำนวนสาย (เส้น)	ตัวคูณ
4 - 6	0.82
7 - 9	0.72
10 -20	0.56
21 – 30	0.48
31 – 40	0.44
เกิน 40	0.38

- 2.4 การเดินสายในท่อหรือรางเคเบิลควรเว้นที่ว่างไว้โดยพื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟทุกเส้นรวมทั้งจนวนและเปลือกไม่ควรเกิน 40 % ของพื้นที่หน้าตัดภายในของท่อหรือรางเคเบิลนั้น

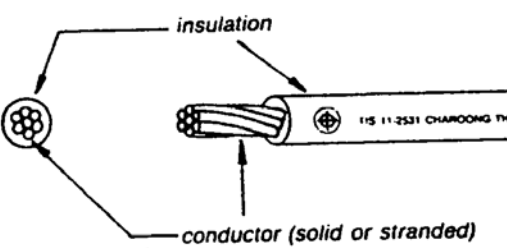
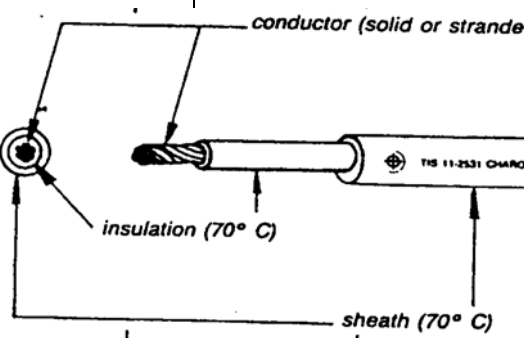
การเดินสายไฟฟ้า

- หลีกเลี่ยงการมีจุดต่อสายไฟฟ้าเกินความจำเป็น หากมีการต่อสายก็ต้องเลือกใช้อุปกรณ์การต่อสายที่ถูกต้องมั่นคงแข็งแรง (ห้ามใช้ตะกั่วบัดกรีในการต่อสายโดยลำพังแต่อย่างเดียว เนื่องจากตะกั่วจะทนอุณหภูมิได้ต่ำและหลอมละลายทำให้จุดต่อหลวม ยกเว้นจะต่อสายไฟให้มั่นคงแข็งแรงทางกลก่อนแล้วจึงใช้ตะกั่วบัดกรีทับเป็นการเสริมก็ได้)
- สายไฟฟ้าที่ทะลุผ่านผนังหรือออกมาจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต้องมีฉนวนรองรับเพื่อป้องกันฉนวนของสายไฟฟ้าถูกบาดจนชำรุด
- สายไฟนวนสีดำ ใช้สำหรับสายเส้นที่มีไฟ ส่วนสีเทาอ่อนหรือสีขาว ใช้สำหรับสายเส้นที่ไม่มีไฟ (สายศูนย์) สำหรับสีเขียวหรือเขียวสลับเหลืองใช้สำหรับสายดิน (รายละเอียดวิธีการเดินสายที่ถูกต้องให้ดูในเรื่องสายดิน)
- อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน เช่น ฟิวส์ หรือเบรกเกอร์ รวมทั้งสวิตช์ ปิด-เปิด ให้ต่อเฉพาะกับสายไฟที่มีฉนวนสีดำ (เส้นที่มีไฟ) เท่านั้น และห้ามต่อฟิวส์ในสายเส้นที่ไม่มีไฟ (เส้นศูนย์) ในกรณีที่ใช้เบรกเกอร์ หรือสวิตช์ในเส้นศูนย์ด้วยต้องเป็นชนิดที่ตัดไฟหรือปลดสายไฟทุกเส้นออกพร้อมกัน (2 ขั้วพร้อมกัน)
- กรณีที่จะมีการต่อเดิมเดินสายไฟบางส่วนแล้วพบว่า การเดินสายไฟเดิมทั้งบ้านใช้สีของสายไฟสลับกันกับมาตรฐานเหมือนกันทั้งหมด (เส้นที่มีไฟใช้สีขาว เส้นศูนย์ใช้สีดำ) หากไม่สามารถแก้ไขใหม่ได้ขอแนะนำให้ใช้สีของสายไฟระบบเดียวกันทั้งบ้าน แต่ต้องมีเครื่องหมายหรือเอกสารกำกับไว้ที่แผงสวิตช์หรือ ตู้เมนสวิตช์สำหรับช่างไฟฟ้าและเจ้าของบ้านทราบทุกครั้งที่มีการตรวจสอบด้วย

6. กรณีของสายดิน ถ้าใช้สายดินเป็นเส้นเดียวต้องมีฉนวนเป็นสีเขียวและถ้าสายวงจรเดินในท่อโลหะต้องเดินสายดินในท่อเดียวกับสายวงจรด้วยห้ามเดินนอกท่อ โลหะ
7. สายไฟสายเดี่ยวที่เป็นฉนวนชั้นเดียว เช่นสาย THW. ไม่อนุญาตให้เดินสายโดยใช้เข็มขัดรัดสาย
8. สายเมนที่มีขนาดต่ำกว่า 50 ตร.มม. ไม่ควรนำมาควบสาย

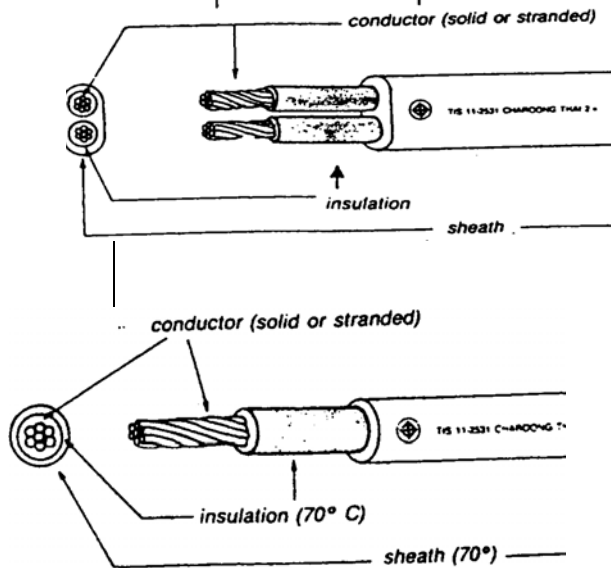
ตารางสายไฟฟ้าแรงต่ำตามมาตรฐาน มอก. 11-2531

(อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส)

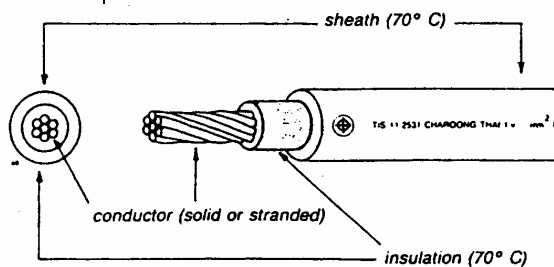
ตารางที่	แรงดันที่กำหนด (โวลต์)	สถานที่ใช้งาน	ลักษณะการติดตั้ง
1 สาย IP	300	ใช้ในสถานที่แห้งและ สถานที่เปียก 	1.เดินลอยต้องยึดด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน 2.เดินในท่อสายในสถานที่แห้ง 3.ห้ามร้อยท่อฝังดิน หรือ ฝังดินโดยตรง
2 สาย VAF สาย VAF-S	300	ใช้ในสถานที่แห้งและ สถานที่เปียก 	ก. สายกลม 1. เดินลอย 2. เดินฝังในผนังปูนฉาบ 3. เดินซ่อน(Conceal) ในผนัง 4. เดินในท่อสาย 5. เดินร้อยท่อ(Conduit) ฝังดินได้แต่ ต้องป้องกันไม่ให้ น้ำเข้าภายในท่อ และป้องกันไม่ให้สายมีโอกาสแช่น้ำ 6. ห้ามฝังดินโดยตรง

ตารางที่	แรงดันที่กำหนด (โวลต์)	สถานที่ใช้งาน	ลักษณะการติดตั้ง
2 (ต่อ)			ข. สายแบน 1. เดินเกาะผนัง 2. เดินฝังในผนังปูนฉาบ 3. เดินซ่อน(Conceal) ในผนัง 4. ห้ามฝังดินโดยตรง
3 สาย VVR	300	ใช้ในสถานที่แห้งและ สถานเปียก	1. ใช้งานได้ทั่วไป 2. ห้ามฝังดินโดยตรง
4 สาย THW	750	ใช้ในสถานที่แห้งและ สถานเปียก	1. เดินลอยต้องยึดด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน 2. เดินในท่อสายในสถานที่แห้ง 3. ห้ามฝังดินโดยตรง 4. ร้อยท่อฝังดินได้ แต่ต้องป้องกัน ไม่ให้น้ำเข้าไปในท่อ และ ต้อง ป้องกันไม่ให้สายแช่น้ำ
5 สาย VVF สาย VVF-S	750	ใช้ในสถานที่แห้งและ สถานเปียก	ก. สายกลม 1. เดินลอย 2. เดินฝังในผนังปูนฉาบ 3. เดินซ่อน(Conceal) ในผนัง

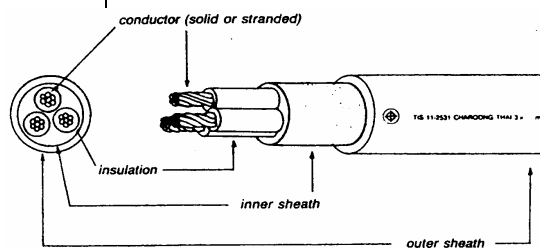
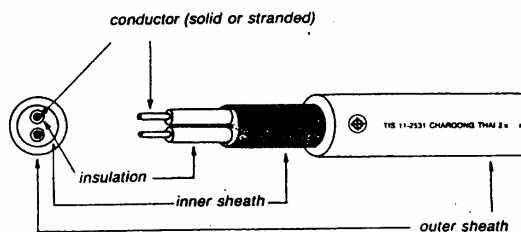
ตารางที่	แรงดันที่กำหนด (โวลต์)	สถานที่ใช้งาน	ลักษณะการติดตั้ง
5 (ต่อ)			4. เดินในท่อสาย 5. เดินร้อยท่อ(Conduit) ฟังดินได้แต่ต้องป้องกันไม่ให้ น้ำเข้าภายในท่อ และป้องกันไม่ให้สายมีโอกาสชำรุด 6. ห้ามฝังดินโดยตรง ข. สายแบน 1. เดินเกาะผนัง 2. เดินฝังในผนังปูนฉาบ 3. เดินซ่อน(Conceal) ในผนัง 4. ห้ามฝังดินโดยตรง
6	750	ใช้ในสถานที่แห้งและ สถานที่เปียก	1. ใช้งานได้ทั่วไป 2. ห้ามฝังดินโดยตรง
7	750	ใช้ในสถานที่แห้งและ สถานที่เปียก	1. ใช้งานได้ทั่วไป 2. ห้ามฝังดินโดยตรง

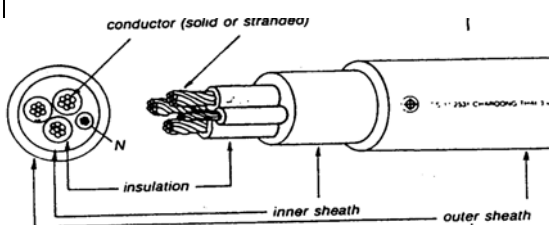
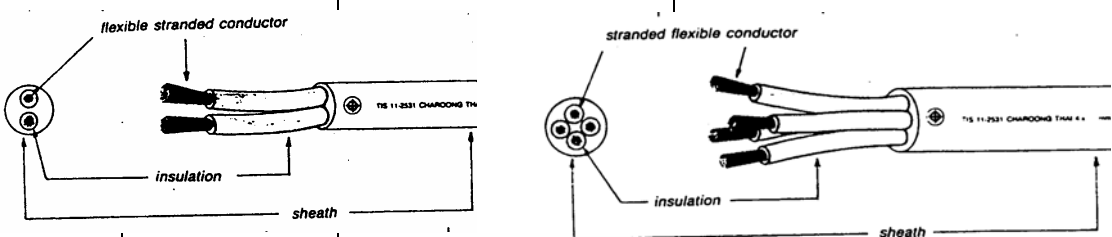
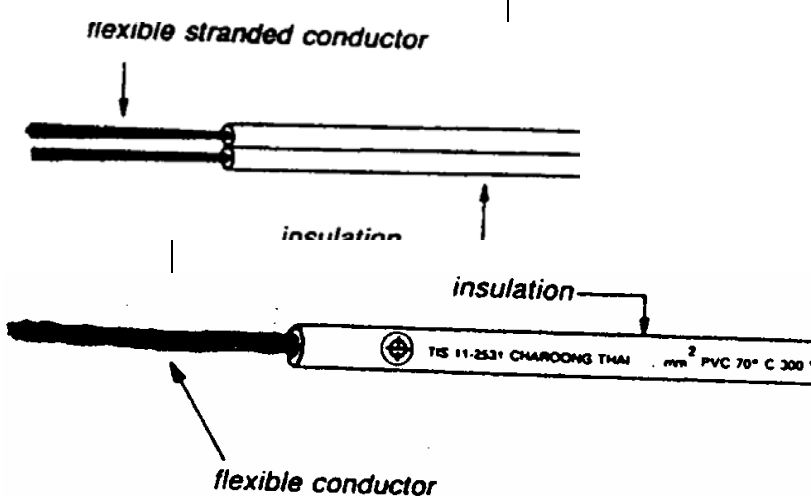


สาย NYY

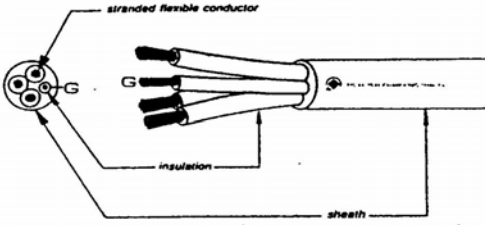
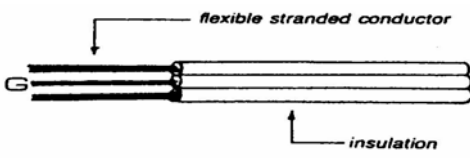
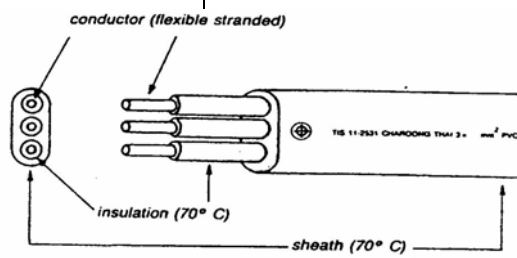


สาย NYY



ตารางที่	แรงดันที่กำหนด (โวลต์)	สถานที่ใช้งาน	ลักษณะการติดตั้ง
8 สาย NYY-N	750	ใช้ในสถานที่แห้งและ สถานที่เปียก	1. ใช้งานได้ทั่วไป 2. ห้ามฝังดินโดยตรง
			
9 สาย VCT	750	ใช้ในสถานที่แห้งและ สถานที่เปียก	1. ใช้งานได้ทั่วไป 2. ห้ามฝังดินโดยตรง
			
10 สาย VFF สาย VSF สาย VTF	300	ใช้ในสถานที่แห้งและ สถานที่เปียก	ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหีบห่อได้ และ ต่อเข้าดวงโคม
			

ตารางที่	แรงดันที่กำหนด (โวลต์)	สถานที่ใช้งาน	ลักษณะการติดตั้ง
11 สาย MEA TYPE B-GRD	300	ใช้ในสถานที่แห้ง และ สถานที่เปียก	1. เดินเกาะผนัง 2. เดินฝังในผนังปูนฉาบ 3. เดินซ่อน(Conceal) ในผนัง 4. ห้ามร้อยท่อฝังดิน หรือฝังดินโดยตรง
12 สาย VVR-GRD	300	ใช้ในสถานที่แห้ง และ สถานที่เปียก	1. ใช้งานได้ทั่วไป 2. ห้ามฝังดินโดยตรง
13 สาย VVF-GRD	750	ใช้ในสถานที่แห้ง และ สถานที่เปียก	1. เดินเกาะผนัง 2. เดินฝังในผนังปูนฉาบ 3. เดินซ่อน(Conceal) ในผนัง 4. ห้ามฝังดินโดยตรง
14 สาย NYY - GRD	750	ใช้ในสถานที่แห้ง และ สถานที่เปียก	1. ใช้งานได้ทั่วไป 2. ห้ามฝังดินโดยตรง

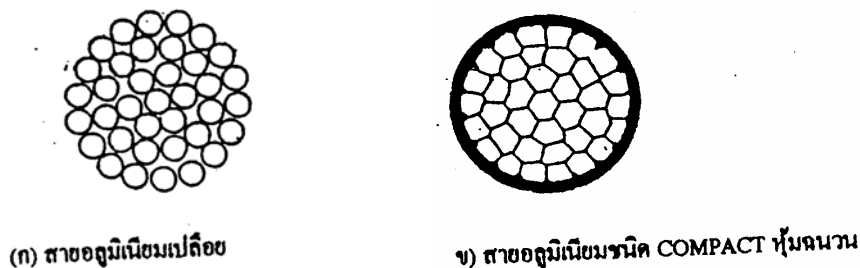
ตารางที่	แรงดันที่กำหนด (โวลต์)	สถานที่ใช้งาน	ลักษณะการติดตั้ง
15 สาย VCT-GRD	750	ใช้ในสถานที่แห้ง และ สถานที่เปียก 	ใช้ต่อเข้าเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า และ เครื่องใช้ไฟฟ้า
16 สาย VFF-GRD	300	ใช้ในสถานที่แห้ง และ สถานที่เปียก 	1. ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหีบยก ได้ 2. ใช้ต่อเข้าดวงโคม
17 สาย VAF-F	300	ใช้ในสถานที่แห้ง และ สถานที่เปียก 	ใช้ต่อเข้าเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า และ เครื่องใช้ไฟฟ้า

2.5 สายไฟฟ้าแรงสูง

สายไฟฟ้าในระบบแรงสูงส่วนมากตัวนำจะทำมาจากอลูมิเนียม เนื่องจากมีน้ำหนักเบา สายไฟฟ้าแรงสูงที่มีใช้ในระบบสายส่งของการไฟฟ้านครหลวงแบ่งเป็นสองชนิดคือ

- ก. สายไฟฟ้าที่เดินลอยในอากาศ
- ข. สายไฟฟ้าที่ฝังในดิน

2.5.1 สายไฟฟ้าที่เดินลอยในอากาศ ส่วนใหญ่จะเป็นสายเปลือย คือไม่มีฉนวนหุ้ม มักจะทำด้วยอลูมิเนียม โดยทำเป็นสายหลายแกน ตามรูปที่ 12 เพื่อให้เกิดความอ่อนตัวสามารถม้วนและคลี่ออกได้ง่าย และเนื่องจากผิวของสายสัมผัสอากาศโดยตรงจึงทำให้ระบายความร้อนได้ดี ทำให้สามารถรองรับกระแสไฟฟ้าได้สูงกว่าสายไฟฟ้าที่มีฉนวนหุ้ม



รูปที่ 12 สายไฟฟ้าแรงสูง

สายไฟฟ้าที่มีฉนวนหุ้ม เป็นสายลวดอลูมิเนียมชนิด Compact strand (คือสายหลายแกนที่นำมาบิดให้ช่องว่างระหว่างแกนลดลง ทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางของสายโคจรรวมลดลงประมาณ 8 - 12%) ซึ่งจะส่งผลทำให้แรงลมที่มากระทำต่อสายลดลง ทำให้ Bending moment ที่กระทำต่อเสาไฟฟ้าลดลงด้วยเช่นกัน รวมทั้งยังทำให้ประหยัดฉนวนไฟฟ้าลงอีกด้วย สำหรับวัสดุที่นำมาทำฉนวนไฟฟ้ามักจะเป็นพวกรubber (Polyethylene) ซึ่งสามารถทนอุณหภูมิได้สูง 75 °C หรือ XLPE (Cross link polyethylene) ซึ่งสามารถทนอุณหภูมิได้สูง 90 °C แล้วแต่ความเหมาะสม ในส่วนของตัวสายอลูมิเนียมเองสามารถทนอุณหภูมิได้สูง 80 °C โดยที่ไม่ทำให้ความสามารถในการรับแรงดึงเสียไป สายไฟฟ้าที่ใช้ในระบบไฟฟ้าแรงสูงขนาด 12 KV และ 24 KV แบ่งได้ดังนี้

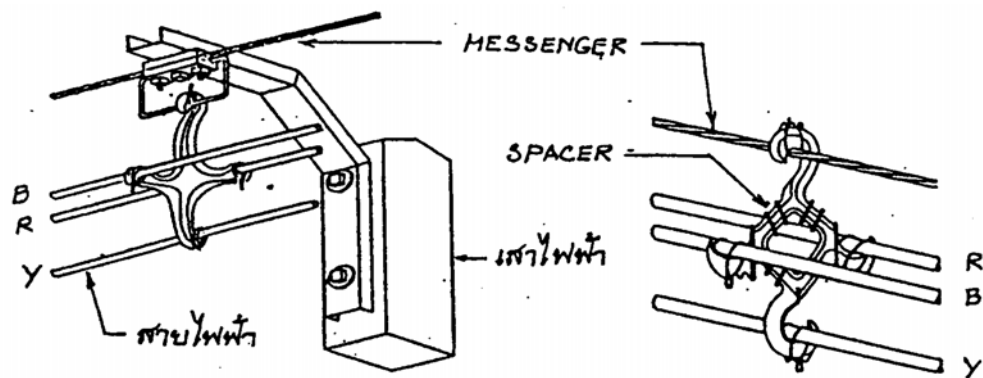
2.5.1.1 สายเปลือย เป็นสายอลูมิเนียมชนิดตีเกลียว ขนาดของสายจะขึ้นอยู่กับจำนวนของเส้นลวดอลูมิเนียมที่นำมาตีเกลียวเข้าด้วยกัน ซึ่งมีรายละเอียดดังตาราง

ขนาด (ตร.มม.)	จำนวนแกน	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง (มม.)	ทนแรงดึงได้สูงสุด (ปอนด์)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)	
				ภาวะปกติ	ภาวะฉุกเฉิน
35	7	7.5-8.0	1,290	170	205
70	19	10.5-11.6	2,656	270	320
120	19	13.8-14.3	4,365	390	470
185	37	16.7-18.7	6,800	515	620

2.5.1.2 สายหุ้มฉนวนบางส่วน (Partially insulated conductor) เป็นสายอลูมิเนียมหุ้มด้วยฉนวน XLPE ความหนาของฉนวนมากกว่าความหนาของสายแรงต่ำเล็กน้อย การหุ้มฉนวนนี้ก็เพื่อป้องกันการสัมผัสสายไฟฟ้าโดยบังเอิญ และยังช่วยป้องกันการลัดวงจรลงดินเนื่องจากสายเดินใกล้ต้นไม้ ทำให้ RELIABILITY ของระบบการจ่ายไฟฟ้าดีขึ้น แต่ต้องระวังอย่าให้สายประเภทนี้เสียดสีกัน หรือเสียดสีกับต้นไม้เพราะฉนวนที่หุ้มสายอาจจะเกิดการชำรุดเสียหายได้ นอกจากนี้ในการทำงานใกล้สายไฟฟ้าประเภทนี้ ให้ถือเสมือนว่าทำงานใกล้สายเปลือยเช่นเดียวกัน คุณสมบัติของสายดังกล่าวแสดงไว้ดังตาราง

ขนาด (ตร.มม.)	จำนวนแกน (น้อยที่สุด)	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง (มม.)	ทนแรงดึงได้สูงสุด (ปอนด์)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)	
				ภาวะปกติ	ภาวะฉุกเฉิน
35	7	11.32-12.06	1,290	172	205
70	7	14.53-15.43	2,656	260	311
185	30	21.22-21.54	6,800	488	584

2.5.1.3 สาย Space aerial cable เป็นสายอลูมิเนียมชนิด Compact หุ้มด้วยฉนวนเช่นเดียวกับสายหุ้มฉนวนบางส่วน แต่ฉนวนที่หุ้มอยู่จะมีความหนามากกว่า และไม่มี Shield หุ้มอยู่ด้วย ดังนั้นสายประเภทนี้จึงไม่สามารถกันสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในสายได้ สายประเภทนี้จึงไม่เหมาะสมที่จะใช้งานในสถานที่ซึ่งจะต้องมีการสัมผัสกับวัสดุที่เป็นโลหะ เพราะจะเกิดการเหนี่ยวนำได้ ในการติดตั้งจึงจำเป็นที่จะต้องติดตั้งบนฉนวนไฟฟ้าอีกทีหนึ่ง ปกติเราจะใช้ฉนวนที่เรียกว่า Spacer ที่เหมาะสมกับแรงดันไฟฟ้าเป็นตัวรองรับ Spacer ที่ใช้ส่วนมากทำมาจากวัสดุประเภท Porcelain และ PE และที่สำคัญก็คือ สายชนิดนี้ไม่ได้ถูกออกแบบมาให้รับแรงดึงได้มากมาย (ค่าแรงดึงสูงสุดไม่ควรเกิน 300 ปอนด์) ดังนั้นในการติดตั้งจึงจำเป็นต้องติดตั้งบนตัว Spacer และมีสาย Messenger เป็นตัวรับน้ำหนักอีกชั้นหนึ่งด้วย ตามรูปที่ 13

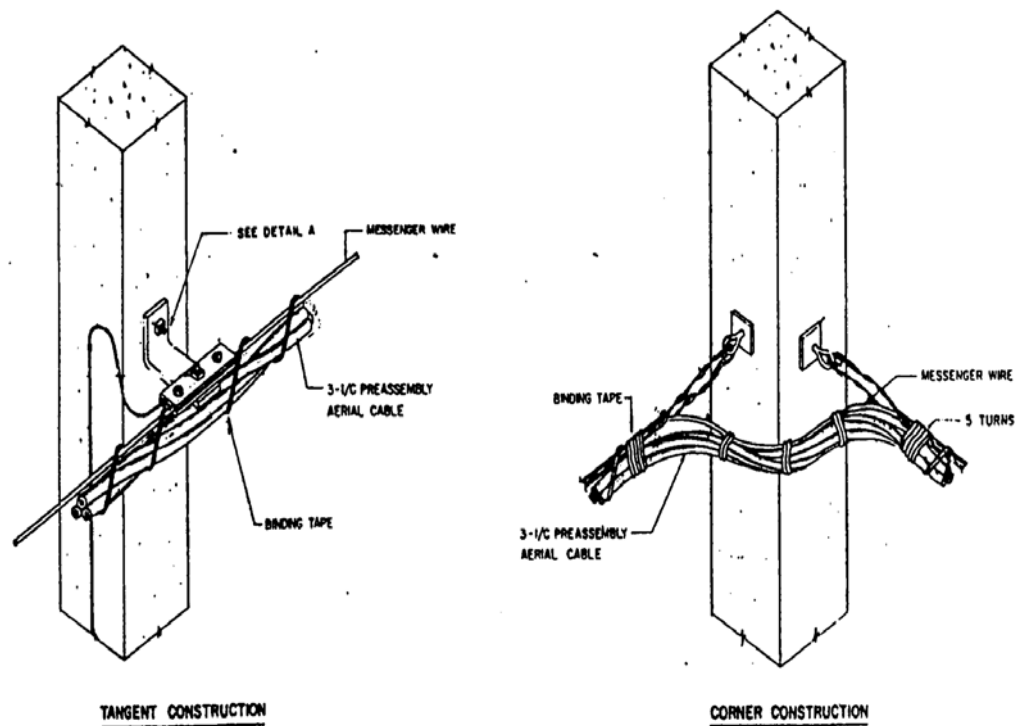


รูปที่ 13 การติดตั้งสาย SPACED AERIAL CABLE

ตารางแสดงคุณสมบัติของสาย Space aerial cable ในระบบแรงดัน 12KV และ 24KV

ขนาด (ตร.มม.)	จำนวนแกน (น้อยที่สุด)	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง (มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)	
			ภาวะปกติ	ภาวะฉุกเฉิน
35	7	19.91-21.48	170	200
120	15	25.56-27.48	365	435
185	30	28.93-31.08	470	560

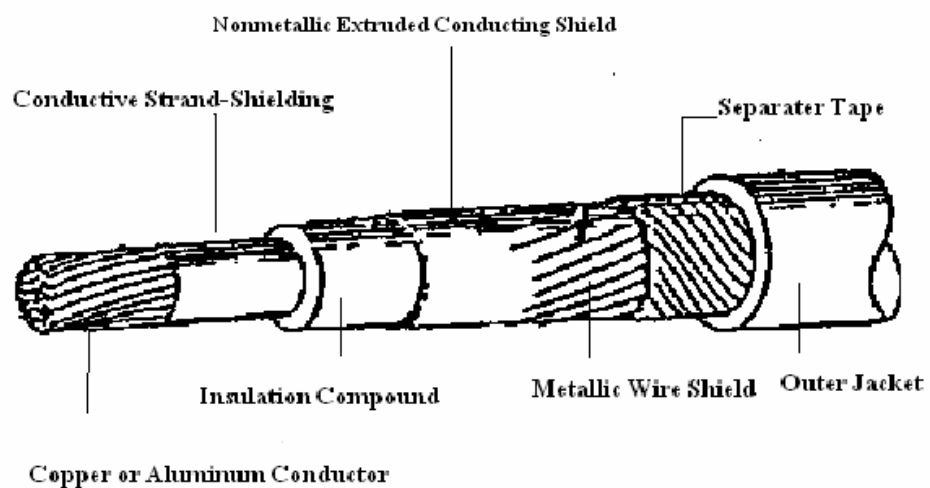
2.5.1.4 สาย Preassembly aerial cable เป็นสายอลูมิเนียมฉนวนทำจากวัสดุ XLPE และมี Shield ร่วมด้วย เช่นเดียวกับสายที่ใช้เดินใต้ดิน จัดเป็นสายชนิด Fully insulated สามารถสัมผัสได้โดยไม่เกิดอันตราย สายประเภทนี้จัดเป็นสายสำเร็จรูปพร้อม Messenger มาจากโรงงานผู้ผลิตเลย สายทั้งสามเส้นและ Messenger จะพันควบเข้าด้วยกัน โดย Binding tape จะใช้ในบริเวณที่ระยะห่างระหว่างสายไฟฟ้ากับสิ่งก่อสร้างน้อยกว่าที่กำหนด สำหรับการก่อสร้างสายเปลือย มีข้อสังเกตว่าที่ปลายสายชนิดนี้จะต้องมี Cable terminator เมื่อต่อกับสายเปลือยด้วย การติดตั้งสาย Preassembly aerial cable แสดงดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 การติดตั้งสาย PREASSEMBLY AERIAL CABLE

2.5.2 สายไฟฟ้าในระบบสายไฟใต้ดิน

เป็นสายที่มีตัวนำทำมาจากโลหะทองแดง หุ้มด้วยฉนวน XLPE ใช้กับไฟฟ้าที่มีแรงดัน 12 KV และ 24 KV ลักษณะของสายประเภทนี้แสดงดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 โครงสร้างของสายในระบบสายไฟฟ้าใต้ดิน

ส่วนประกอบของสายในระบบสายไฟฟ้าใต้ดิน

ก. **ตัวนำ (Conductor)** ทำมาจากโลหะทองแดง หรือ อลูมิเนียม สำหรับการไฟฟ้าแรงสูง จะใช้ตัวนำที่ทำมาจากทองแดง เนื่องจากนำกระแสไฟฟ้าได้ดีกว่าอลูมิเนียม ตัวนำจะทำหน้าที่นำกระแสไฟฟ้า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำ จะทำให้เกิดความร้อนขึ้นภายในสาย ถ้ามีกระแสไฟฟ้าไหลมาก หรือตัวนำมีความต้านทานมากก็จะทำให้เกิดความร้อนขึ้นในสายมาก ($W = I^2R$) การระบายความร้อนจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาทำฉนวนหุ้มสายไฟฟ้าและอุณหภูมิของอากาศภายนอก

ข. **Insulated shield หรือ Nonmetallic extruded conducting shield** เป็นชั้นบางๆหุ้มฉนวนอีกชั้นหนึ่ง มีคุณสมบัติเป็นตัวนำ ทำมาจากวัสดุประเภท Carbon impregnated cloth tape หรือ Conducting extruded plastic ทำหน้าที่คล้ายกับ Conducting shield โดยมีหน้าที่หลักอยู่ 3 ประการคือ

1. ลดการเกิด Discharge ระหว่างผิวของฉนวนกับดิน
2. ลดค่า Radio frequency interference
3. เพิ่มค่าความปลอดภัยต่อบุคคลที่อาจจะมาสัมผัสสายไฟฟ้า

ค. **Metallic shield** อาจจะทำด้วย Metal tape corrugated metal, Metal drain wire lead sheet ทำหน้าที่ดังนี้

1. ปลดปล่อยกระแส Discharge ต่างๆลงดิน และยังทำหน้าที่ปรับระดับความต่างศักย์ของ Insulation shield ให้เท่ากับดินด้วย
2. ช่วยลดความเสียหายของสายอันเกิดจากแรงกระชาก
3. สามารถออกแบบให้นำกระแส Fault ได้ถ้าต้องการ

ง. **Jacket** หรือเปลือกนอก ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวนส่วนมากเป็น PVC หรือ PE เพื่อลดความเสียหายอันเนื่องมาจากถูกกระแทกหรือเสียดสี ถ้าเป็นกรณีที่มี Lead sheet อาจจะไม่จำเป็นต้องมี Jacket ก็ได้ ยกเว้นในกรณีที่นำไปใช้ในสภาวะแวดล้อมที่มรสุมซึ่งทำปฏิกิริยากับตะกั่วได้

ในการต่อสายใต้ดินกับสายเปลือยจะต้องมี Cable terminator ด้วย และถึงแม้จะเป็นการต่อระหว่างสายใต้ดินด้วยกันเองก็ตามจะต้องใช้ Slicing kit ซึ่งออกแบบมาโดยเฉพาะเท่านั้น

2.6 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า

ขนาดของกระแสไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับชนิดของสาย วิธีการเดินสายและอุณหภูมิโดยรอบที่สายใช้งานอยู่ การกำหนดขนาดของกระแสจะใช้ค่าจากตารางซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.6.1 สายทองแดงที่มีฉนวนทำจากวัสดุ PVC และผลิตตามมาตรฐาน มอก.11-2531 ให้เป็นไปตามตาราง ก และตาราง ข

2.6.2 สายทองแดงที่มีฉนวนทำจากวัสดุ XLPE ระบบแรงดัน 600 โวลต์ให้เป็นไปตามตาราง ค

2.6.3 สายไฟฟ้าในระบบแรงดัน 12 KV และ 24 KV ให้เป็นไปตามตาราง ง และตาราง จ

2.6.4 ขนาดกระแสตามที่กำหนดในตารางไม่ได้กำหนดตามค่าแรงดันตก ในการใช้งานจึงจำเป็นต้องคำนวณหาค่าแรงดันตกประกอบด้วย เพื่อเลือกขนาดสายให้เหมาะสมกับการใช้งาน

2.6.5 ขนาดกระแสจะแปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิโดยรอบของสายขณะใช้งาน ซึ่งตามตารางจะกำหนดอยู่ที่ 30 และ 40 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิอื่นให้ใช้ค่าตัวคูณต่อท้ายตาราง

2.6.6 ถ้ามีสายในท่อไฟฟ้ามากกว่าสามเส้น โดยไม่นับตัวนำสำหรับต่อลงดินให้ใช้ตัวคูณสำหรับลดขนาดของกระแสในตาราง ก และ ตาราง ข ดังนี้

จำนวนสาย	ตัวคูณ
4 – 6	0.82
7 – 9	0.72
10 – 20	0.56
21 – 30	0.48
31 – 40	0.44
มากกว่า 40	0.38

2.6.7 การใช้ตัวคูณลดขนาดกระแสของไฟฟ้าต่างกัน ในท่อสายไฟฟ้าเดียวกัน ให้ใช้ตัวคูณลดในกรณีต่อไปนี้

ก. สายไฟฟ้าที่มีระบบแรงดันไฟฟ้าต่างกัน ซึ่งวางรวมในท่อสายเดียวกัน ให้ใช้ตัวคูณเพื่อลดขนาดกระแสเฉพาะสายในวงจรไฟฟ้ากำลัง ส่วนวงจรแสงสว่างและวงจรควบคุมไม่ต้องนับ

ข. สายที่อยู่ใน NIPPLE ที่ยาวไม่เกิน 60 เซนติเมตร ไม่ต้องนับ

ค. สายใต้ดินเฉพาะส่วนที่เข้าหรือออกจาก Trench ซึ่งอยู่นอกอาคารและมีจำนวนสายหรือแกนไม่เกิน 4 เส้น มีการป้องกันทางกายภาพด้วยท่อสายโลหะชนิดหนา หนาปานกลาง หรือท่อโลหะ ซึ่งมีส่วนที่อยู่เหนือดินยาวไม่เกิน 3 เมตร ไม่ต้องใช้ตัวคูณลดขนาดกระแส

2.6.8 การนับจำนวนสายในท่อสายซึ่งมีสายนิวทรัลรวมอยู่ด้วยให้ยึดหลักดังนี้

ก. ในระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 เส้น ซึ่งมีการทำ Balance load ไม่ต้องนับสายนิวทรัล

ข. ถ้าในวงจรที่มีโหลดเป็นโหลดไฟฟ้าชนิด Electric discharge หรืออุปกรณ์เกี่ยวกับ Data processing หรืออุปกรณ์อื่น มากกว่าร้อยละ 50 ซึ่งอาจจะทำให้เกิดกระแสฮาร์โมนิกในสายนิวทรัลได้ จะต้องนับจำนวนสายนิวทรัลด้วย

สำหรับตาราง ก

1. ชนิดของตัวนำและวิธีการติดตั้งจะต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์ดังนี้

วิธีการเดินสาย	ชนิดของตัวนำและการติดตั้ง
ก	สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนเดินในอากาศ D = เส้นผ่าศูนย์กลางกลางของสายไฟฟ้า
ข	สายแบนหุ้มฉนวนมีเปลือกเดินเกาะผนัง
ค	สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน เดินในท่อสาย ซึ่งอยู่ในอากาศ ในฝ้าเพดาน หรือในผนังปูน
ง	สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน เดินในท่อสาย ซึ่งฝังอยู่ในดิน
จ	สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน ซึ่งฝังอยู่ในดินโดยตรง

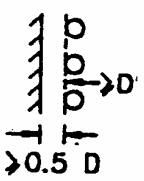
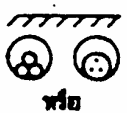
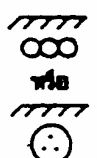
2. อุณหภูมิโดยรอบให้ใช้ตัวคูณค่าขนาดกระแสตามตารางดังนี้

ตาราง ก

อุณหภูมิ °C	ตัวคูณ	
	การเดินสายแบบ ก ข และ ค	การเดินสายแบบ ง และ จ
21 - 25	-	1.06
26 - 30	-	1.0
31 - 35	1.08	0.94
36 - 40	1.0	0.87
41 - 45	0.91	0.79
46 - 50	0.82	0.71
51 - 55	0.71	-

ตาราง ข

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวน พีวีซี ตาม มอก.11-2531 อุณหภูมิตัวนำ
70 องศาเซลเซียส ขนาดแรงดัน 300 และ 750 โวลต์ อุณหภูมิโดยรอบ 40 องศาเซลเซียส
(สำหรับวิธีการเดินสาย ก-ค) และ 30 องศาเซลเซียส (สำหรับวิธีการเดินสาย ง และ จ)

ขนาดสาย (ตาราง มิลลิเมตร)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)						
	วิธีการเดินสาย (ดูหมายเหตุ 1)						
							
	ก	ข	ค.		ง		จ
			ท่อ โลหะ	ท่อ อลูมิเนียม	ท่อ โลหะ	ท่อ อลูมิเนียม	
0.5	9	8	8	7	10	9	-
1	14	11	11	10	15	13	21
1.5	17	15	14	13	18	16	26
2.5	23	20	18	17	24	21	34
4	31	27	24	23	32	28	45
6	42	35	31	30	42	36	56
10	60	50	43	42	58	50	75
16	81	66	56	54	77	65	97
25	111	89	77	74	103	87	125
35	137	110	95	91	126	105	150
50	169	-	119	114	156	129	177
70	217	-	148	141	195	160	216
95	271	-	187	180	242	200	259
120	316	-	214	205	279	228	294
150	364	-	251	236	322	259	330
185	424	-	287	269	370	296	372
240	509	-	344	329	440	352	431
300	592	-	400	373	508	400	487
400	696	-	474	416	599	455	552
500	818	-	541	469	684	516	623

ตาราง ค

ขนาดกระแสของไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนครอสลิงค์โพลีเอททีลีน อุณหภูมิตัวนำ 90 องศาเซลเซียส ขนาดแรงดัน 600 โวลต์ อุณหภูมิโคจรอบ 40 องศาเซลเซียส (สำหรับการเดินสายในอากาศ) และ 30 องศาเซลเซียส (สำหรับการเดินสายใต้ดิน)

ขนาดสาย (ตาราง มิลลิเมตร)	ขนาดกระแส (แอมป์)				
	ลักษณะการใช้งาน				
	ก	ข	ค		ง
	สายเคเบิลเดินใน อากาศ	สายเคเบิล 3 เส้น เดินในท่อโลหะใน อากาศ	สายเคเบิล 3 เส้น เดินในท่อฝังดิน	ท่อ โลหะ	สายเคเบิลไม่เกิน 3 เส้นหรือสายหลาย แกนไม่เกิน 3 แกน ฝังดินโดยตรง
2.5	36	25	31	28	44
4	47	33	41	36	57
6	60	42	52	46	71
10	82	56	70	61	94
16	110	76	93	81	122
25	148	100	123	107	156
35	184	123	151	130	187
50	224	153	184	156	221
70	286	191	230	197	270
95	356	239	285	241	325
120	417	275	329	277	368
150	481	322	380	318	413
185	559	368	436	363	466
240	672	440	518	430	539
300	782	510	615	501	607
400	921	604	734	586	687
500	1080	686	855	685	773

ตาราง ง

ขนาดกระแสของสายทองแดงหุ้มฉนวนครอสลิงค์โพลีเอทที่อื่น มีขั้วลัด อุณหภูมิตัวนำ 90 องศาเซลเซียส ขนาดแรงดัน 12 หรือ 24 เควี อุณหภูมิโดยรอบ 40 องศาเซลเซียส (สำหรับการเดินสายในอากาศ) และ 30 องศาเซลเซียส (สำหรับการเดินสายใต้ดิน)

ขนาดสาย (ตารางมิลลิเมตร)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)			
	ลักษณะการใช้งาน			
	สายเคเบิล 3 เส้น เดินใน ท่อโลหะในอากาศ	สายเคเบิล 3 เส้น เดินใน ท่อฝังดิน		สายเคเบิล 1 วงจร ฝัง ดินโดยตรง
		ท่อโลหะ	ท่ออลูมิเนียม	
35	148	176	149	209
50	175	209	178	247
70	215	258	218	302
95	265	315	265	361
120	303	361	303	410
150	348	413	341	460
185	396	469	386	519
240	478	563	454	601
300	551	650	521	679
400	636	751	607	772
500	730	869	706	878

ตาราง จ

ขนาดของสายทองแดงหุ้มฉนวน XLPE มี Shield อุณหภูมิที่ตัวนำ 90 องศาเซลเซียส ขนาดแรงดัน 12 KV หรือ 24 KV อุณหภูมิโดยรอบ 30 องศาเซลเซียส เดินใน Duct bank ไม่เกิน 8 ท่อ

ขนาดสาย (mm ²)	ขนาดกระแสต่อ 1 วงจร							
	จำนวนวงจรทั้งหมด							
	1	2	3	4	5	6	7	8
35	175	160	147	137	130	122	116	110
50	210	191	175	162	153	144	136	130
70	251	228	208	193	182	171	161	154
95	313	282	256	236	222	208	196	187
120	357	322	292	270	254	238	224	213
150	405	362	327	300	282	263	248	235
185	461	410	369	339	318	296	278	264
240	535	475	427	392	367	342	321	305
300	611	539	481	440	411	382	358	339
400	694	619	553	507	473	440	412	391
500	797	695	616	560	522	483	451	427

หมายเหตุ สำหรับตาราง ข

1. อุณหภูมิโดยรอบให้ใช้ตัวคูณขนาดกระแสเช่นเดียวกับตาราง ข
2. ชนิดของตัวนำและรูปแบบการติดตั้งเป็นไปตามหลักเกณฑ์ดังนี้

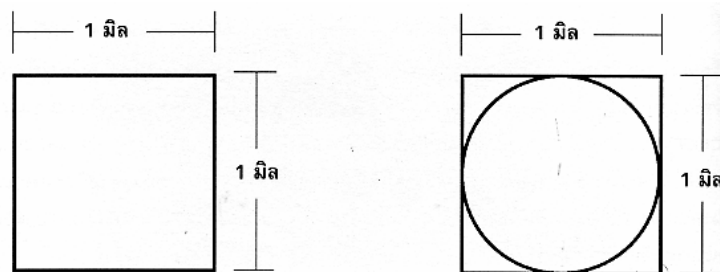
วิธีการเดินสาย	ชนิดของตัวนำและการติดตั้ง
ก	สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวน วางเรียงกันชั้นเดียวบนรางเคเบิล มีระยะห่างระหว่างสายไม่น้อยกว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของสายที่โตที่อยู่ใกล้กัน
ข	สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนวางชิดกันบนรางเคเบิล ทั้งแบบเรียงกันและซ้อนกัน
ค	สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนวางซ้อนกันเป็นรูปสามเหลี่ยมบนรางเคเบิล มีระยะห่างระหว่างกลุ่มสายไม่น้อยกว่า 2.15 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของสายแต่ละเส้น
ง	สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนวางชิดกันบนรางเคเบิลแบบมีฝาปิดทึบ ทั้งแบบวางเรียงกัน และวางซ้อนกัน
จ	สายหุ้มฉนวนมีเปลือกวางชิดกันบนรางเคเบิลทั้งแบบวางเรียงกันและวางซ้อนกัน
ฉ	สายหุ้มฉนวนมีเปลือกวางชิดกันบนรางเคเบิลแบบมีฝาปิดทึบยาวเกิน 180 ซม. ทั้งแบบวางเรียงกัน และวางซ้อนกัน

สำหรับตาราง ก ง และ จ อุณหภูมิโดยรอบให้ใช้ตัวคูณค่าขนาดกระแสตามตารางดังนี้

อุณหภูมิ °C	ตัวคูณ	
	การเดินสายแบบ ก ข และ ค	การเดินสายแบบ ง และ จ
21 -25	-	1.04
26 – 30	-	1.0
31 – 35	1.05	0.96
36- 40	1.0	0.91
41 – 45	0.95	0.87
46 – 50	0.89	0.82
51 – 55	0.84	-
56 - 60	0.78	-

2.7 การวัดขนาดของสาย

การวัดขนาดของสายเราจะวัดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉพาะส่วนที่เป็นตัวนำเท่านั้น ไม่รวมฉนวนหรือเปลือกที่หุ้มอยู่ด้วย หน่วยที่วัดจะเป็นนิ้วหรือมิลลิเมตรก็ได้ ส่วนมากนิยมใช้หน่วยเป็นมิลลิเมตรหรือมิล(mils) โดยที่ 1 มิล จะมีค่าประมาณ 0.001 นิ้ว



การวัดพื้นที่หน้าตัดเราจะวัดออกมาในรูปตารางมิลลิเมตร ในระบบเมตริก ส่วนระบบอังกฤษจะวัดออกมาเป็นเซอร์กัวมิล โดยที่ลวดซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิล จะมีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 1 เซอร์กัวมิล

การเรียกสายเรามักจะนิยมเรียกสายเป็นเบอร์ โดยมีระบบดังนี้

A.W.G	AMERICAN WIRE GAUGE
S.W.G.	STANDARD WIRE GAUGE
B.W.G.	BURMINGHAM(SUB'S) IRON WIRE GAUGE
B & S	BROWN & SHARP GAUGE
MM.G	MILLIMETER GAUGE

โดยปกติแล้วสายเบอร์ 14 A.W.G. และสายเบอร์ 16 S.W.G. จะมีขนาดประมาณ 0.064 นิ้ว หรือ 64 มิล สามารถรองรับกระแสได้ประมาณ 10 – 15 แอมแปร์ เบอร์สายจะเป็นตัวบอกขนาดของ ลวดตัวนำที่ใช้ สายที่มีเบอร์ต่ำกว่าจะมีขนาดโตกว่าสายที่มีเบอร์สูงกว่า เช่นสายเบอร์ 14 A.W.G. จะมีขนาดเล็กกว่าสายเบอร์ 10 A.W.G.

นอกจากนี้ยังมีการเรียกขนาดของสายอีกแบบหนึ่งก็คือ เรียกจำนวนเส้นลวดที่นำมาพันกัน เป็นเกลียว เช่นสายขนาด 7/.064 หมายถึงสายที่มีลวดตัวนำขนาด 64 มิล พันเป็นเกลียวรวมกันจำนวน 7 เส้น

แสดงปริมาณการรับความจุของกระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)						
เบอร์ A.W.G	เส้นผ่าศูนย์กลาง (นิ้ว)	น้ำหนัก (ปอนด์/ฟุต)	สายหุ้มยาง เมื่ออยู่ในท่อ หรือสายเคเบิล	สายหุ้มยาง เมื่ออยู่ในอากาศ	สายหุ้มยาง กันความชื้น อยู่ในอากาศ	ความต้านทาน/ 1000 ฟุต
24	.0201	817.6	-	-	-	-
18	.0403	203.4	-	-	-	-
16	.0508	127.9	-	-	-	-
14	.0640	80.44	15	24	30	2.48
12	.0808	50.59	20	31	39	1.56
8	.1284	20.01	35	58	71	0.62
6	.184	12.58	50	78	98	0.39
4	.232	7.91	70	105	130	0.24
2	.279	4.97	90	142	176	0.15
1	.332	3.94	100	164	203	0.12
1/0	.373	3.13	125	193	237	0.10
2/0	.419	2.48	150	223	274	0.08
3/0	.470	1.97	175	259	318	0.06
4/0	.528	1.56	255	298	368	0.05

สีของสายไฟฟ้า สายไฟฟ้าทั่วไปที่เราเห็นจะมีฉนวนสีต่างๆกัน เพื่อสะดวกต่อการใช้งาน และป้องกันการต่อวงจรไฟฟ้าผิดพลาด โดยจะมีลักษณะดังนี้

สาย 2 แกน	ขาว	ดำ		
สาย 3 แกน	ขาว	ดำ	แดง	
สาย 4 แกน	ขาว	ดำ	แดง	น้ำเงิน
สาย 5 แกน	ขาว	ดำ	แดง	น้ำเงิน เหลือง

โดยที่สายสีขาวจะทำเป็นสายนิวทรัล หรือสายดิน (GROUNDED NEUTRAL)

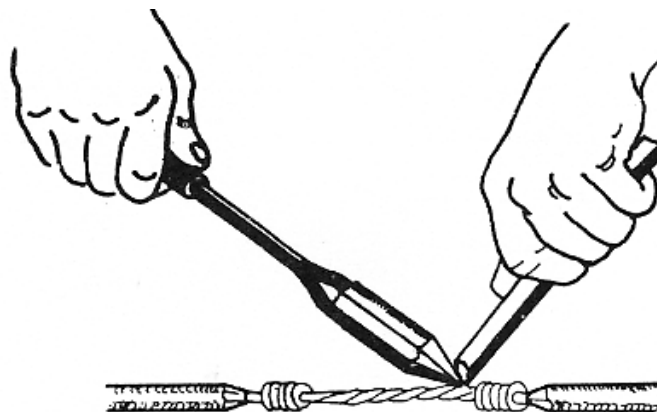
สำหรับสายดินของอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้านิยมใช้สายสีเขียว หรือเขียวคาดเหลือง

2.8 การต่อสายไฟฟ้า

แบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ

- 1.) การใช้ความร้อน การบัดกรี
- 2.) แบบใช้แรงบีบ หรือแรงอัด
- 3.) การต่อสายโดยใช้เกลียวกด

2.8.1 การต่อสายโดยใช้ความร้อน หรือการบัดกรี

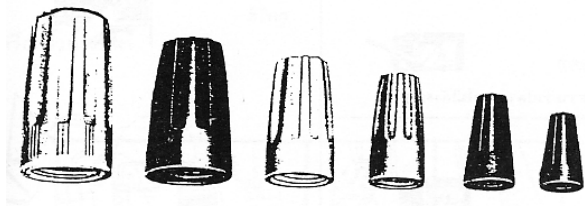


เมื่อต่อสายไฟฟ้าเข้าด้วยกันแล้ว เพื่อให้แน่นหนาและแข็งแรงยิ่งขึ้น รวมทั้งสามารถนำกระแสได้ดีขึ้น เราต้องทำการบัดกรีด้วยตะกั่วตรงรอยต่อ ด้วยหัวแร้งบัดกรี โดยก่อนจะทำการบัดกรีเราจะต้องทำความสะอาดบริเวณรอยต่อสายที่จะบัดกรี รวมทั้งหัวแร้งบัดกรีด้วย เพื่อให้การบัดกรีประสพผลสำเร็จอย่างดี

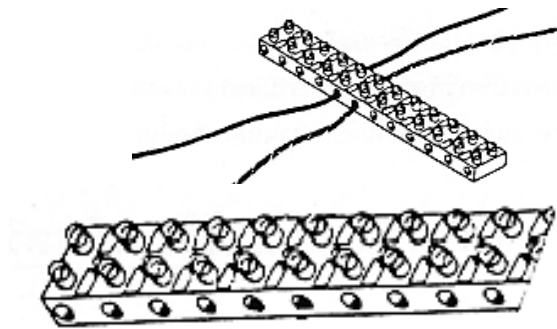
2.8.2 การต่อสายแบบใช้แรงบีบหรืออัด

การต่อแบบนี้เราจะต้องมีอุปกรณ์สำหรับต่อสวมปลายสายไฟฟ้าให้ยึดแน่นเข้าด้วยกัน โดยไม่ต้องใช้บัดกรี ทำให้สะดวกรวดเร็วและประหยัดเวลา อุปกรณ์สำหรับต่อสายแบบใช้แรงบีบหรือแรงอัดมีดังนี้

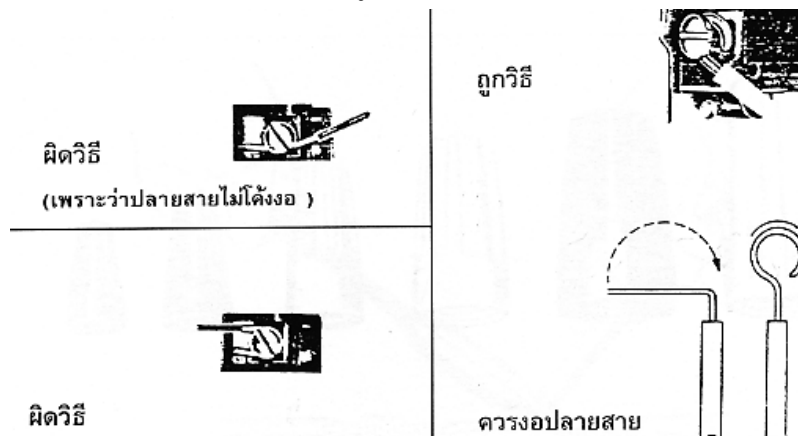
2.8.2.1 แบบ Wire nut หรือกระจุ๊บพลาสติก Wire nut หรือกระจุ๊บพลาสติก เป็นฝาครอบพลาสติก ที่สวมครอบและนำสายไฟฟ้าเข้ามาไว้ด้วยกัน ก่อนจะใช้ Wire nut สวม เรา จะต้องบิดตัวของสายไฟฟ้าที่จะต่อให้เป็นเกลียว และแน่นเสียก่อน



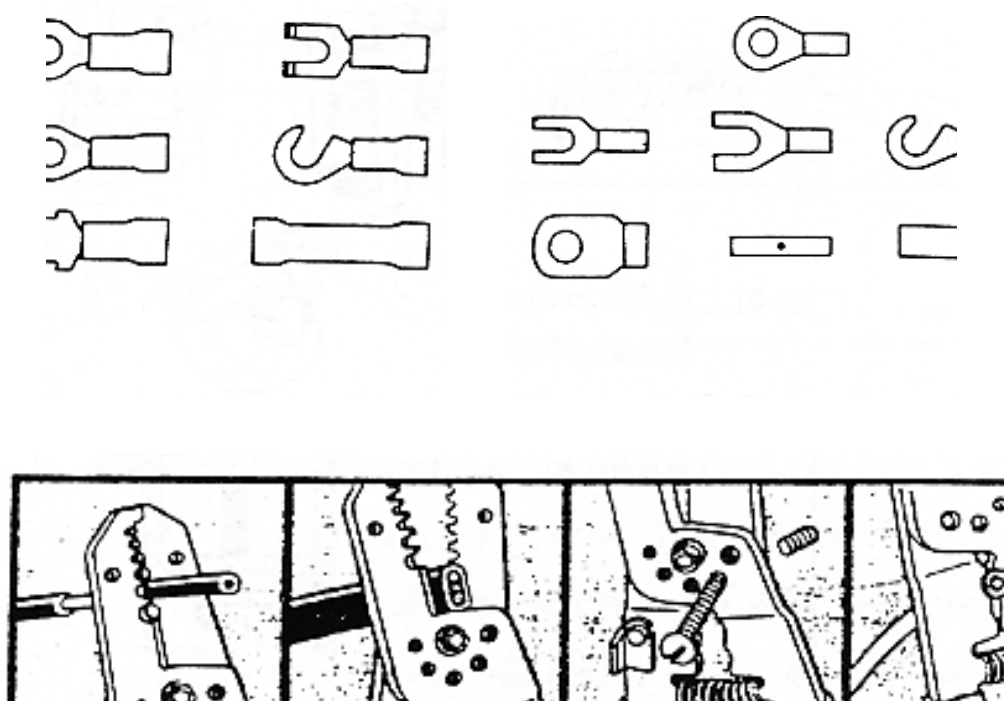
2.8.2.2 ขั้วต่อสายแบบลูกเต๋า เป็นที่นิยมใช้กันมาก ควรจะใช้กับงานที่จะไม่เป็นอันตรายต่อวงจรไฟฟ้า เช่น ใช้ในการต่อวงจรโคม หรือการต่อใช้งานชั่วคราว ดังรูป



2.8.2.3 ขั้วต่อสายแบบขันสกรู จะใช้สำหรับยึดสายไฟฟ้าด้วยการขันสกรู การงอสายควรงอให้รอบสกรู ตามเข็มนาฬิกา ซึ่งจะทำให้สกรูดึงสายไฟฟ้าได้ตึง โดยที่สายไม่หลุดจากขั้วต่อนั้น การต่อสายแบบนี้ นั้น แสดงตามรูป



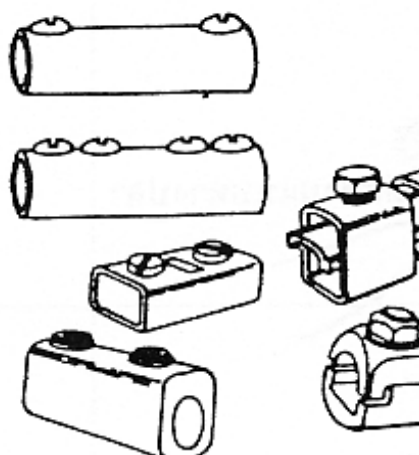
2.8.2.4 ขั้วต่อสายแบบหางปลา ที่ต่อสายสำหรับการต่อสายไฟฟ้าเข้าด้วยกัน หรือใช้ต่อปลายสายด้วยสกรู การต่อสายไฟฟ้าด้วยหางปลาต้องสอดปลายสายไฟฟ้าที่ปอกจนเหลือ เพียงตัวนำ เข้าไปในรูของหางปลา แล้วใช้เครื่องกดขั้วหางปลา ดังรูป



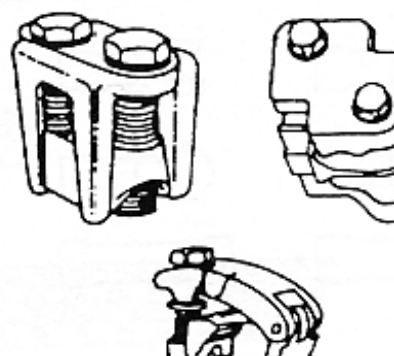
เครื่องย้ำหางปลา

2.8.2.5 ตัวต่อแบบใช้แรงอัดชนิดต่อเข้าโดยตรง เป็นตัวต่อที่ใช้กับสายไฟฟ้าที่มี ขนาดตั้งแต่ 16 ตร.มม. เป็นต้นไป ตัวต่อแบบนี้จะมีรูปร่าง ดังรูปที่แสดงเอาไว้

ต่อสองทาง

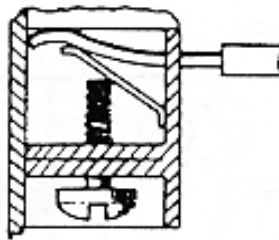


แบบแคลมป์หนีบ

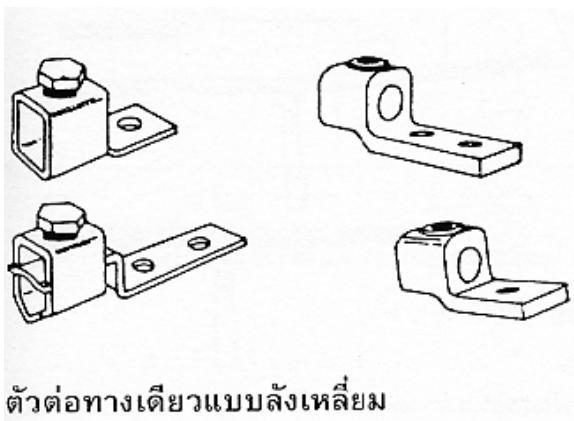


2.8.2.6 ขั้วต่อสายแบบกดรัดสาย ขั้วต่อสายชนิดนี้ ใช้สำหรับต่อปลายสายไฟฟ้าที่ด้านหลังของสวิตช์ หรือเต้าเสียบตัวเมีย ปลายสายไฟฟ้านี้เมื่อเสียบเข้าไปในช่องรูเสียบขั้วต่อนี้แล้ว จะถูกยึดให้แน่นด้วยแรงของสปริง หรือแรงกดของสกรู ลักษณะขั้วตอดังกล่าวแสดงตามรูป

ในขั้วสายแบบกดรัดสายไฟ จะถูกยึดให้อยู่กับที่ด้วยแรงกดของสปริง

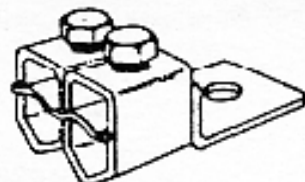


2.8.2.7 ขั้วต่อสายแบบใช้น็อตยึดเกลียว การใช้อุปกรณ์ต่อสายแบบนี้ให้ได้ผลดีจะต้องเลือกขนาดของอุปกรณ์ให้มีขนาดพอเหมาะกับสายที่จะนำมาต่อ สามารถใช้ต่อต้นสายของวงจรย่อยกับสายเมน หรือต่อระหว่างกลางสายเข้าด้วยกัน อุปกรณ์บางแบบจะมีเปลือกพลาสติกหุ้มอยู่ด้วย ทำให้สะดวกขึ้นเพราะไม่จำเป็นต้องพันเทปพันสายไฟภายหลังการต่อเสร็จ จึงเหมาะสมกับการใช้งานที่ต้องการความรวดเร็ว จำนวนนอตที่ใช้ในการต่อสาย ขึ้นอยู่กับการออกแบบและปริมาณกระแสในวงจรย่อย



ตัวต่อทางเดียวแบบลึงเหลี่ยม

ชนิดโบลท์ขึ้น 2 ร่อง
สำหรับสายไฟหลายทาง

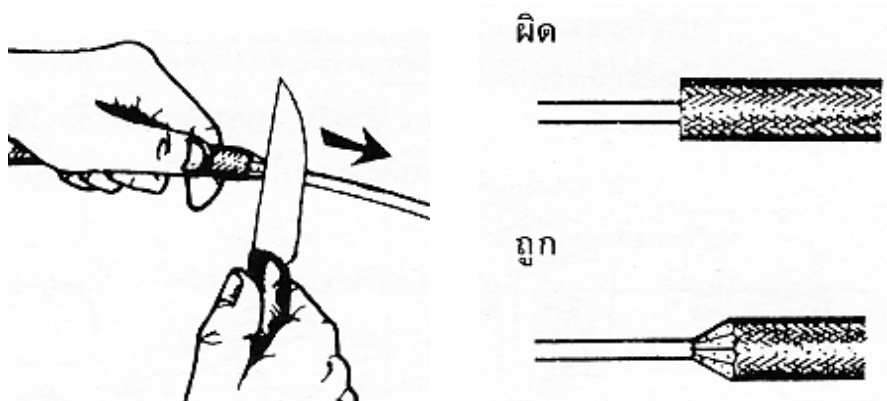


2.8.3 การต่อสายแบบใช้เกลียวกด

การต่อสายใช้เกลียวกดซึ่งเป็นแบบที่พบเห็นกันเสมอ มีความสำคัญที่จะต้องนำไปใช้ในการเดินสายภายในอาคาร เช่น จุดต่อสายสวิตช์ จุดต่อสายดวงโคม หรือจุดต่อสายเข้าเต้ารับ สายเมนเข้าบ้าน เป็นต้น

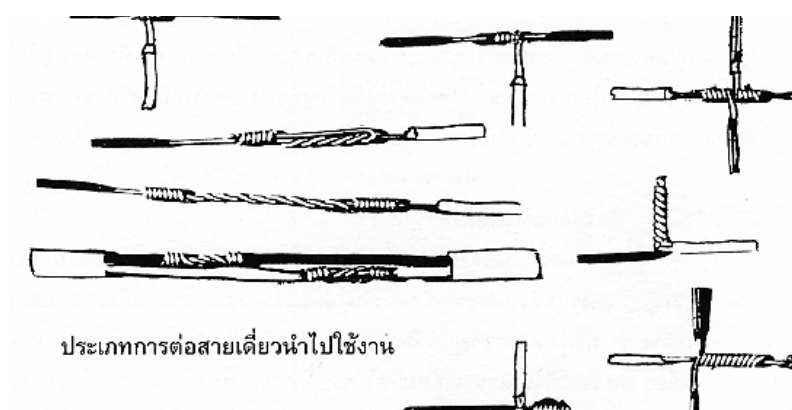
2.8.3.1 การปกถนนของสายไฟฟ้า

การปกถนนที่หุ้มสาย ให้เตรียมกะความยาวระหว่างปลายสายที่จะต่อพันกันทั้งสองข้างเสียก่อน ว่าจะต้องมีความยาวประมาณเท่าใดจึงจะเพียงพอ การปกสายนี้เราจะใช้มีด โดยปกเหมือนการเหลาดินสอ สิ่งที่ต้องระวังในขณะที่ปกสายก็คือ อย่าให้คมมีดชูดกับลวดตัวนำข้างในได้ และอย่าใช้มีดปกโดยการกด ลงไปตรงๆ ทำนองแบบตัดขวาง เพราะคมมีดอาจจะบาดสายลวดได้ ซึ่งจะมีผลเมื่อเราทำการบิดเกลียวอาจจะทำให้ลวดที่พันเกลียวกันหักได้ วิธีการปกสายที่ถูกต้องดังรูป

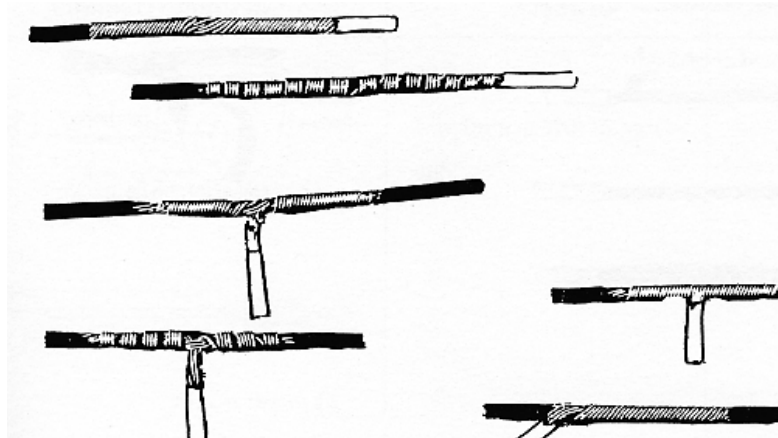


การต่อสายแบบเกลียวกดนั้น จะเห็นว่าสายที่ใช้ภายในอาคารจะมีอยู่สองแบบใหญ่ๆ คือ

ก. สายตัน (Solid conductor) เป็นสายเดี่ยว โดยมีทองแดงเป็นตัวนำ ขนาดที่ใช้มีตั้งแต่ 0.5 ตร.มม. ถึง 2.5 ตร.มม. การต่อสายชนิดนี้ เป็นไปตามรูป

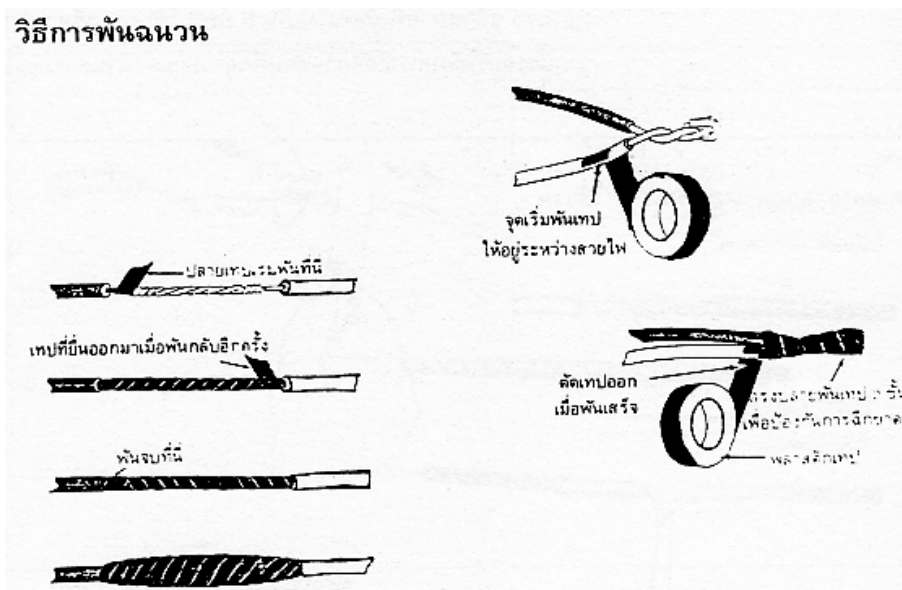


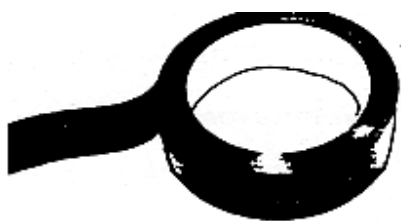
ข. สายเกลียว (Stranded conductor) เป็นสายที่มีตัวนำซึ่งทำจากทองแดง นำมาทำเป็นเกลียว ขนาดสายที่ใช้งานไม่เกิน 6.0 ตร.มม. ใช้การต่อแบบเกลียวกวด รวมทั้งการใช้อุปกรณ์ในการต่อ ตามที่กล่าวมาแล้ว ตามความเหมาะสม



2.8.3.2 การพันฉนวนไฟฟ้า

การพันเทปรอบรอยต่อสายไฟนั้น เพื่อป้องกันรอยต่อเป็นสนิม และกันกระแสไฟฟ้ารั่วทำให้เกิดอันตรายได้ ดังนั้นการพันรอยต่อด้วยเทปจะต้องเลือกใช้เทปพันสายที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า และเป็นฉนวนป้องกันได้ด้วย อย่างน้อยที่สุดก็ควรเหมือนกับสายที่มีฉนวนหุ้มอยู่ แม้ว่าเทปพันสายพลาสติกนี้ 1 รอบ สามารถเป็นฉนวนทนแรงดันได้ถึง 600 โวลต์ก็ตาม ในการพันเราก็ต้องพันหลายๆชั้น เพื่อให้การป้องกันทางกลได้ดี วิธีการพันเทปรอบรอยต่อนั้นต้องดึงเทปขณะพันให้ตึง เพราะจะช่วยทำให้การพันรอบรอยต่อนั้นแน่นหนาขึ้น วิธีการพันฉนวนที่ถูกต้องแสดงดังรูป





ชนิดของฉนวน ที่ใช้งานทั่วไป
ราคาไม่แพง มีขายตามท้อง
ตลาดมีอายุการใช้งาน 1 ปี

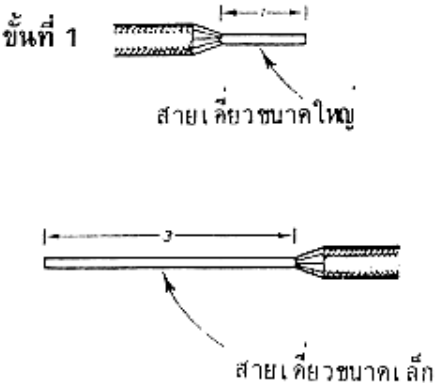
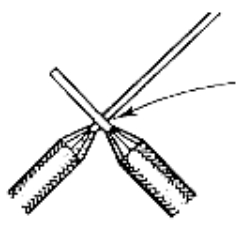
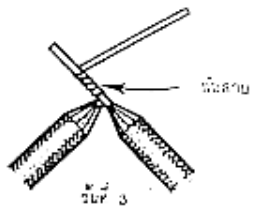
ชนิดฉนวนพันสายอย่างดี นำไปพันรอ
สายไฟ มีอายุการใช้งานไม่ต่ำกว่า 10
มีคุณสมบัติความเป็นฉนวน

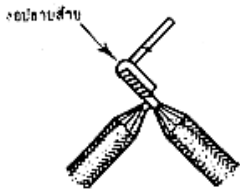
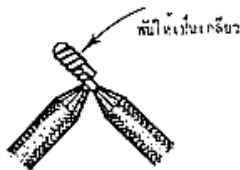


วิธีการต่อสายแบบต่างๆ

1) การต่อสายแบบพื้นที่หน้าตัดไม่เท่ากัน

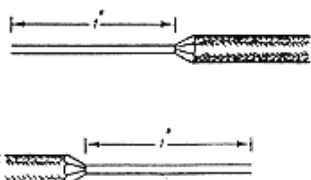
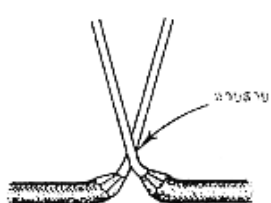
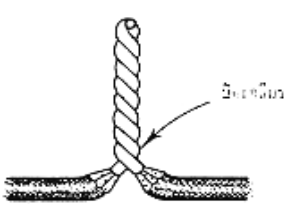
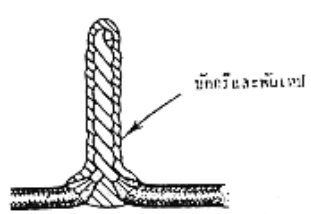
เครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุ คีมตัด, คีมปากจระเข้, คีมปากจิ้งจก, มีดลอกสาย, ตลับเมตร, วัสดุ สาย VAF ขนาด 1 มม. - 15 ซม. สาย VAF ขนาด 1.5 มม. - 10 ซม.

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	คำอธิบาย	ข้อควรระวัง
ขั้นที่ 1  ขั้นที่ 2  ขั้นที่ 3 	ให้เตรียมสาย VAF ปอกจนวนออก ให้นำสาย VAF 1 มม.² ทาบสายที่สาย VAF 1.5 มม.² แล้วนำสาย VAF ขนาด 1 มม.² พันตีเกลียวไปตามตัวนำประมาณ $\frac{1}{2}$ นิ้ว	ขณะที่พันเกลียวนั้นต้องให้เกลียวประชิด กันอย่าให้ห่าง

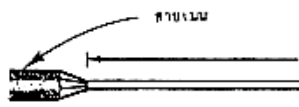
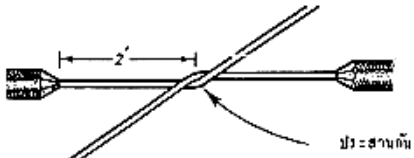
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	คำอธิบาย	ข้อควรระวัง
ขั้นที่ 4 	เมื่อพันดีเกลียวไปแล้วปลายที่เหลือให้พันกลับเข้าหาตัวหน้า และใช้คีมปากจระเข้กดเบา ๆ	
ขั้นที่ 5 	นำปลายสาย VAF 1 มม.² พันเป็นเกลียวหุ้ม ไปบนสาย VAF 1.5 มม.² ที่หักปลายพัน	ปลายสายเมื่อพันเกลียวไปแล้วมีเศษอยู่นั้นให้ตัดปลายสายให้เรียบร้อย

2) การต่อสายแบบฟีกเทลจอยท์

เครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุ คีมตัด, คีมปากจระเข้, คีมปากจิ้งจก, มีดลอกสาย, ตลับเมตร, สายเดี่ยว VAF ขนาด 1 มม.² จำนวน 20 ซม.

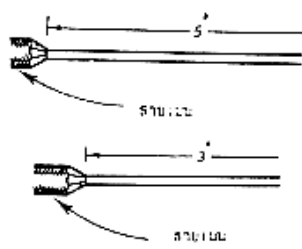
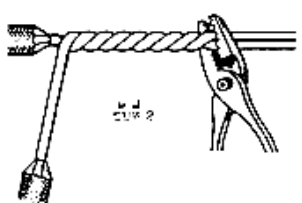
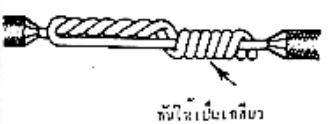
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	คำอธิบาย	ข้อควรระวัง
ขั้นที่ 1 	นำสาย VAF ขนาด 1 มม ปอกฉนวนออกประมาณ 1 นิ้ว ทั้งสองเส้น	ไม่ควรปอกฉนวนยาวเกินไป
ขั้นที่ 2 	ให้นำปลายสายที่ปอกฉนวนแล้ว มาทาบสายให้หัวแม่มือและนิ้วชี้ จับปลายสายบิดหมุนไปตามเข็มนาฬิกา	
ขั้นที่ 3 	บิดตัวนำ (ทองแดง) ให้เป็นเกลียวสม่ำเสมอ	ปลายลวดตัวนำใช้คีมตัดให้เสมอกัน
ขั้นที่ 4 	เมื่อบิดเกลียวตัวนำแล้ว ใช้คีมปากจระเข้ กวดเกลียวอีกครั้งหนึ่ง	

3) การต่อสายแบบเบิ้ลแองก์เกอร์

เครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุ คีมตัด, คีมปากจระเข้, คีมปากจิ้งจก, มีดปอกสาย, ตลับเมตร, สาย VAF ขนาด 2.5 มม. ² จำนวน 40 ซม.		
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	คำอธิบาย	ข้อควรระวัง
ขั้นที่ 1 	ให้ปลอกฉนวน ยาวประมาณ 12 ซม. ทั้งสองเส้น	
ขั้นที่ 2 	นำปลายสายทั้งสองมาทาบกัน ประมาณกึ่งกลางของแต่ละเส้น แล้วเริ่มบิดเป็นเกลียวไปให้สม่ำเสมอพอประมาณ	ต้องให้ตัวนำหรือ ลวดสองเส้นแนบสนิทกัน ไม่ให้หลวม
ขั้นที่ 3 	ปลายสายที่เหลือแต่ละเส้น พันเป็นเกลียวของแต่ละด้าน	

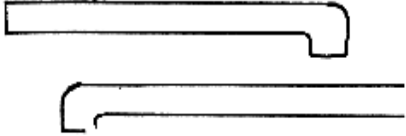
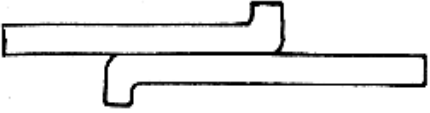
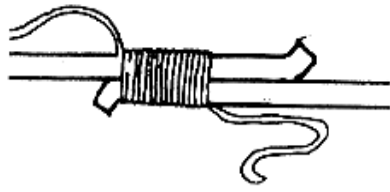
4) การต่อสายแบบเทินแบ็คจอยท์

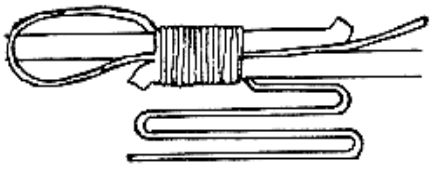
เครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุ คีมตัด, คีมปากจระเข้, คีมปากจิ้งจก, มีดปอกสาย, ตลับเมตร, สาย VAF ขนาด 1.5 มม. จำนวน 35 ซม.

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	คำอธิบาย	ข้อควรระวัง
ขั้นที่ 1  ขั้นที่ 2  ขั้นที่ 3  ขั้นที่ 4 	ปอกฉนวน สายเมนประมาณ 5 นิ้ว และ 3 นิ้วของสายเมนอีกเส้นหนึ่ง ขัดผิวลวดให้สะอาด ใช้ปลายสายลวดเส้นที่ยาวกว่าทาบไปตามยาวในทิศทางเดียวกันแต่ให้ปลายที่ปอกทั้งสองเส้นเสมอกัน จากนั้นใช้คีมจับร่นระยะปล่อยปลายไว้ประมาณหนึ่งนิ้วแล้วบิดให้เข้าเกลียวกัน ดังรูป หักลวดที่ทาบเอาไว้ตามขั้นที่ 2 วางไปเป็นแนวนอนขนานไปกับเกลียว นำปลายสายจากขั้นที่ 2 (ตามรูป) มาพันเป็นเกลียวกับสายเมนที่ต้องการต่อให้ยาว	

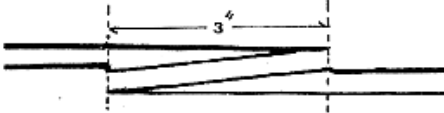
5) การต่อสายแบบบริแทนเนียจอยท์

เครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุ คีมตัด, คีมปากจระเข้, คีมปากจิ้งจก, มีดปอกสาย, ตลับเมตร, สายไฟเบอร์ 6 จำนวน 10 นิ้ว, เบอร์ 18 หรือ 20 จำนวน 30 นิ้ว

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	คำอธิบาย	ข้อควรระวัง
ขั้นที่ 1 	แสดงปลายลวดที่ปอกจนวนแล้วและงอปลายสุดเป็นมุมฉากจอยสั้น ๆ ทั้งสองเส้น	
ขั้นที่ 2 	วางสายเกยกันประมาณ 3 นิ้ว หันปลายจอยออกทั้งสองด้าน	
ขั้นที่ 3 	เริ่มต้นพันโดยใช้สายไฟเส้นเล็กเป็ลือย ไม่หุ้มจนวนพันส่วนของสายไฟที่ต่อเกยกัน	

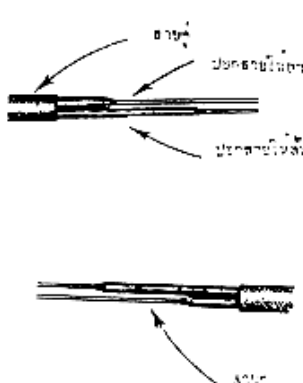
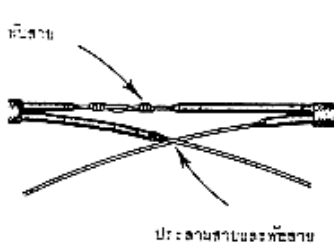
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	คำอธิบาย	ข้อควรระวัง
ขั้นที่ 4 	ปลายสายพันทางด้านซ้าย มือจะถูกสอดไปตามร่อง สายที่เกยกัน ภายใต้สาย พันเตรียมจะไปพันยึดกับ สายไฟอันล่าง	
ขั้นที่ 5 	การพันสายที่สำเร็จเรียบ ร้อยแล้ว โดยปลายสาย ที่สอดผ่านร่องทั้งซ้ายและ ขวาพันเข้ากันสายไฟที่ต่อ เพียงข้างละสองสามรอบ แล้วรัดให้แน่น ต่อจาก นั้นจึงมัดกริด้วยตะกั่ว	

6) การต่อสายแบบชะคาร์เฟดจอยท์

เครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุ คีมตัด, คีมปากจระเข้, คีมปากจิ้งจก, มีดลอกสาย, ตลับเมตร, สายไฟขนาด 6 มม. ² จำนวน 10 นิ้ว, สายไฟเบอร์ 18 หรือ 20 จำนวน 30 นิ้ว		
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	คำอธิบาย	ข้อควรระวัง
ขั้นที่ 1 	ปลายสายไฟที่นำมาต่อกัน จะเสียบปลายให้ลาดแหลม ยาวประมาณ 3 นิ้ว ทั้งสอง ปลายเท่ากัน ซึ่งเมื่อนำปลาย ทั้งสองมาต่อโดยทาบกัน แล้วจะอยู่ในลักษณะคล้าย เป็นสายเส้นเดียวตลอด	เป็นแบบต่อสายขนาด ใหญ่ที่สุดอยู่ในที่แจ้ง และต้องการความแข็งแรง มั่นคง ลักษณะ การต่อแบบนี้ ไม่ใช่ แบบของการต่อที่จะ ใช้กับการเดินสาย ชนิดต้องขึงอย่างตึง เครียด
ขั้นที่ 2 	นำปลายสายที่เสียบแล้วมา ประกบกันใช้สายไฟเบอร์ 18 หรือเบอร์ 20 มาพันรอยต่อ นั้น ต่อไปก็นำไปบัดกรีด้วย ตะกั่ว เพื่อให้มีความแข็งแรง จะเป็นตัวนำได้ดียิ่งขึ้น	

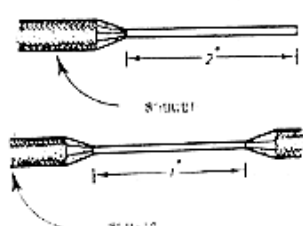
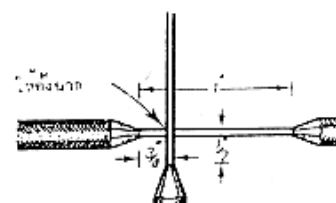
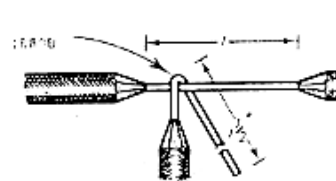
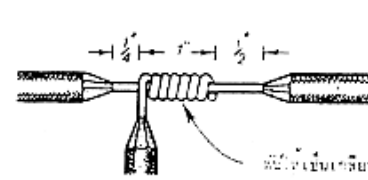
7) การต่อสายแบบดูเพล็กซ์จอยท์

เครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุ คีมตัด, คีมปากจระเข้, คีมปากจิ้งจก, มีดลอกสาย, ตลับเมตร, สาย VAF 1 มม.² จำนวน 30 ซม.

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	คำอธิบาย	ข้อควรระวัง
ขั้นที่ 1 	ตัดสาย VAF 2x1 มม.² 15 ซม. จำนวน 2 เส้น ให้ลอกจนหมดแต่ละเส้น ตามรูปที่แสดง	อย่าให้การลอกจนหมดนั้นมาตรงกัน อาจจะเกิดลัดวงจรได้
ขั้นที่ 2 	นำปลายสายที่ลอกจนหมดแล้วมาประสานสายและพันเป็นเกลียว	
ขั้นที่ 3 	พันเป็นเกลียวรอบ	รอยต่อของตัวนำต้องเยื้องกัน

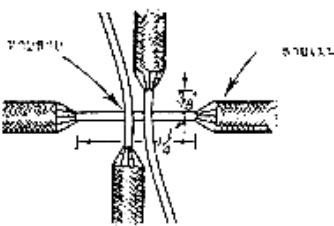
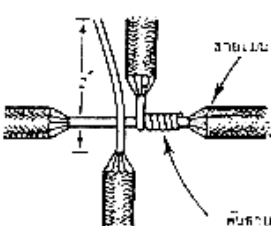
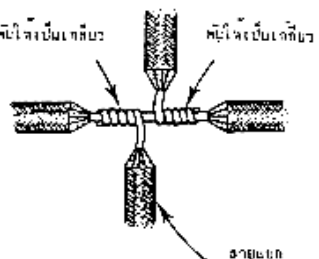
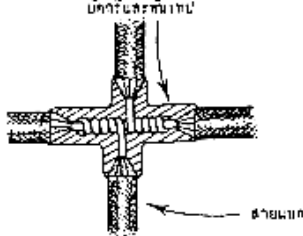
8) การต่อสายแบบ แพพซ์ ธรรมดา

เครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุ คีมตัด, คีมปากจระเข้, คีมปากจิ้งจก, มีดปอกสาย, ตลับเมตร, สาย VAF 1.5 มม² จำนวน 20 ซม.

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	คำอธิบาย	ข้อควรระวัง
ขั้นที่ 1 	ให้ปอกฉนวนสายต่อแยกประมาณ 2 นิ้ว ปอกฉนวนสายเมนขนาด 1 นิ้ว	
ขั้นที่ 2 	นำปลายลวดของสายต่อแยกทาบไปบนสายเมน	ลวดทองแดง สายเมนและสายแยกต้องให้สนิทกัน
ขั้นที่ 3 	พันปลายสายต่อแยกกับลวดตัวนำของสายเมน จับปลายดีเป็นเกลียวไปบนสายเมน	ขณะที่พันเกลียวอย่าให้หลวม
ขั้นที่ 4 	พันแผ่นเกลียวให้เกลียวสม่ำเสมอจนไปตลอดแนวสาย	ใช้คีมปากจระเข้ กวาดเกลียวเมื่อเสร็จงานแล้ว

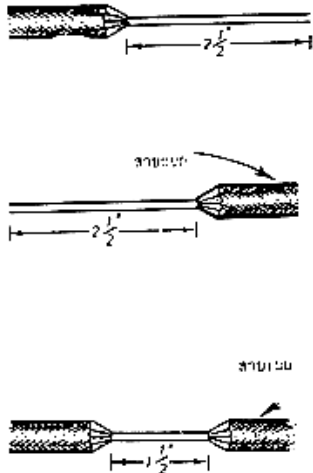
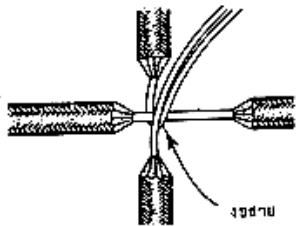
9) การต่อสายแบบดับเบิลรื้อซแท็พ

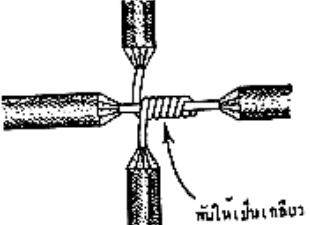
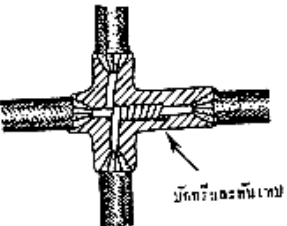
เครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุ คีมตัด, คีมปากจระเข้, คีมปากจิ้งจก, มีดลอกสาย, ตลับเมตร, สาย VAF 1.5 มม.² จำนวน 40 ซม.

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	คำอธิบาย	ข้อควรระวัง
ขั้นที่ 1 	ลอกฉนวนสายแยกจำนวน 2 เส้น ปอกฉนวนสายเมน นำปลายสายแยกมาทาบบนสายเมน	
ขั้นที่ 2 	นำปลายสายแยกด้านบน พันเป็นเกลียวไปบนสายเมน	
ขั้นที่ 3 	นำปลายสายแยกด้านล่าง พันเป็นเกลียวไปบนสายเมน	ต้องใช้คีมกดเกลียว ลวดให้แน่นมั่นคง
ขั้นที่ 4 	ปลายสายแยกทั้ง 2 ทาง ใช้คีมดึงให้เป็นเกลียว	

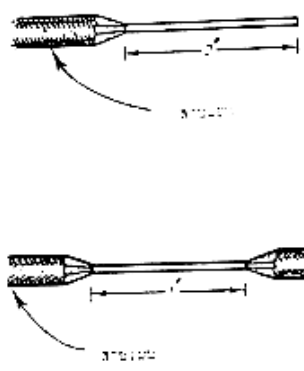
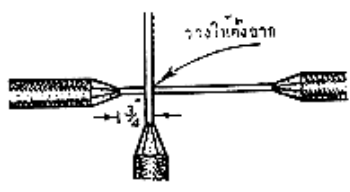
10) การต่อสายแบบดูเพล็กซ์ ตรีอซแท็ป

เครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุ คีมตัด, คีมปากจระเข้, คีมปากจิ้งจก, มีดลอกสาย, ตลับเมตร, สาย VAF ขนาด 1.5 มม.² จำนวน 30 ซม.

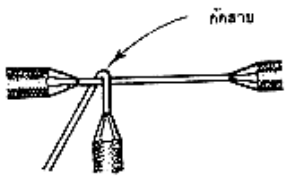
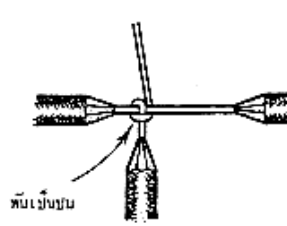
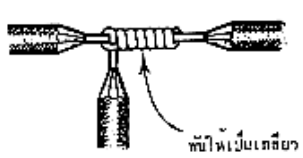
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	คำอธิบาย	ข้อควรระวัง
ขั้นที่ 1  ขั้นที่ 2 	ลอกจนวน สายสาย แยกประมาณ $2\frac{1}{2}$ นิ้ว จำนวน 2 เส้น ลอกจนวนสายเมน ประมาณ $1\frac{1}{2}$ นิ้ว นำสายสายด้านบน งอ เข้ากับสายเมนสายสาย ด้านล่างทาบคู่ขนานไป	

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	คำอธิบาย	ข้อควรระวัง
ขั้นที่ 3 	นำปลายทั้งสองเส้นพันเป็นเกลียวไปบนสายเมน	
ขั้นที่ 4 	ใช้คีมกดปลายลวดรัดแน่นกับสายเมน	

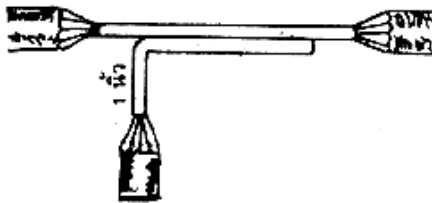
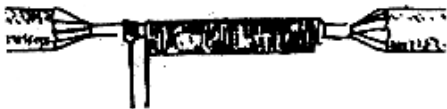
11) การต่อสายแบบน็อตทิดแท๊ป

เครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุ คีมตัด, คีมปากจระเข้, คีมปากจิ้งจก, มีดลอกสาย, ตลับเมตร, สาย VAF เดี่ยว ขนาด 1.5 มม. ²		
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	คำอธิบาย	ข้อควรระวัง
ขั้นที่ 1 	ให้ลอกจนวน สาย แยกประมาณ 2 นิ้ว ให้ลอกจนวน สายเมน ขนาด 1 นิ้ว	
ขั้นที่ 2 	นำสายแยกมาทาบกับ สายเมน โดยวางให้ ตั้งฉาก	

เครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุ คีมตัด, คีมปากจระเข้, คีมปากจิ้งจก, มีดปอกสาย, ตลับเมตร, สายไฟเบอร์ 6 จำนวน 10 นิ้ว, เบอร์ 18 หรือ 20 จำนวน 30 นิ้ว

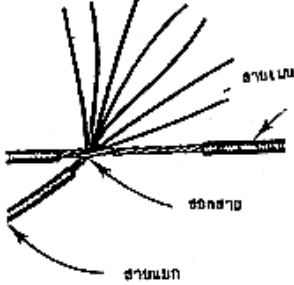
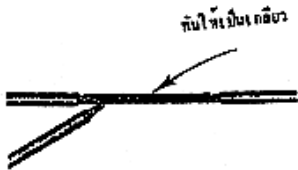
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	คำอธิบาย	ข้อควรระวัง
ขั้นที่ 3 	พับปลายสายแยกไปบนสายเมน มาทางด้านซ้ายมือ	อย่าให้สายแยกที่พันไปบนสายเมนหลวม
ขั้นที่ 4 	นำปลายสายรอดหัวของสายแยก เริ่มตีเกลียวไปบนสายเมน	
ขั้นที่ 5 	พันเป็นเกลียวให้สม่ำเสมอทุกรอบ	ปลายสายแยกให้ใช้คีมกดอีกครั้งหนึ่ง

12) การต่อสายแบบแรพพิตแท้

เครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุ คีมตัด, คีมปากจระเข้, คีมปากจิ้งจก, มีดลอกสาย, ตลับเมตร, สายไฟเบอร์ 6 จำนวน 20 นิ้ว, เบอร์ 18 หรือ 20 จำนวน 30 นิ้ว		
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	คำอธิบาย	ข้อควรระวัง
ขั้นที่ 1 	ลอกจนวนออกประมาณ 4 นิ้ว เท่า ๆ กันทั้งสองเส้น ให้เอาปลายสายต่อทาบกับสายตรง แล้วหักมุมลงตามแบบภาพ มีความยาวถึงปลายจนวนประมาณ 1 นิ้ว มองดูคล้ายอักษร L	
ขั้นที่ 2 	ใช้สายไฟเปลือยเบอร์ 18 หรือ เบอร์ 20 พันยึดให้แน่น	

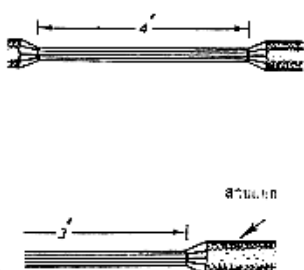
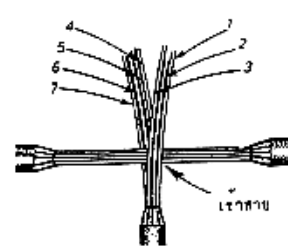
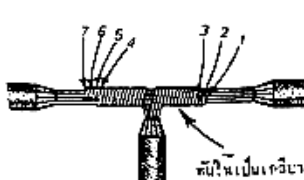
13) การต่อสายแบบวายชะพลอย

เครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุ คีมตัด, คีมปากจระเข้, คีมปากจิ้งจก, มีดปกสาย, ตลับเมตร, สายเดี่ยว VAF ขนาด 6 มม.² จำนวน 40 ซม.

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	คำอธิบาย	ข้อควรระวัง
ขั้นที่ 1 	ปอกฉนวนสายเมนและสายแยก นำมา คลี่ลวดทองแดงออก สอดสายเข้าสายให้ห่างเกินสายเมน ตามรูป	อย่าคลี่ลวดทองแดงให้ห่างเกินไป
ขั้นที่ 2 	นำลวดที่คลี่แล้วของสายแยกพันเป็นเกลียวไปตามรูป	อย่าให้เกลียวที่พันไปนั้นห่าง

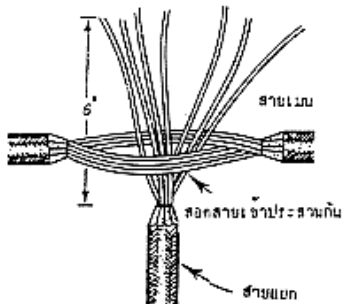
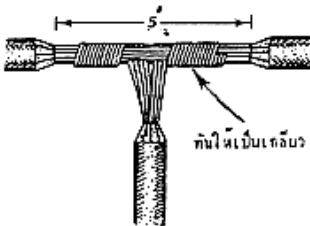
14) การต่อสายแบบออร์ตินะรีแท้พชะพลไซซ์

เครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุ คีมตัด, คีมปากจระเข้, คีมปากจิ้งจก, มีดลอกสาย, ดัลล์เมตร, สาย VAF ขนาด 6 มม. จำนวน 40 ซม.

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	คำอธิบาย	ข้อควรระวัง
ขั้นที่ 1 	ลอกสายเมน ขนาด 4 นิ้ว และ สายต่อแยก ประมาณ 3 นิ้ว	
ขั้นที่ 2 	นำสายต่อแยกมาแบ่งกึ่งกลาง 3,4 ตามรูป สอดสายเข้าระหว่างกลางสายเมน เกือบถึงโคนสาย	
ขั้นที่ 3 	ปลายสาย 1,2,3 และ 4,5,6,7 ให้พันเป็นเกลียวลง ระหว่างกึ่งกลางของสายตรงออกไป โดยให้เกลียวเรียงเป็นเส้นตามรูป	

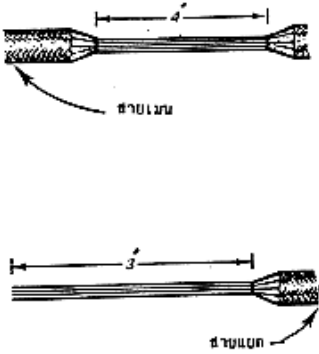
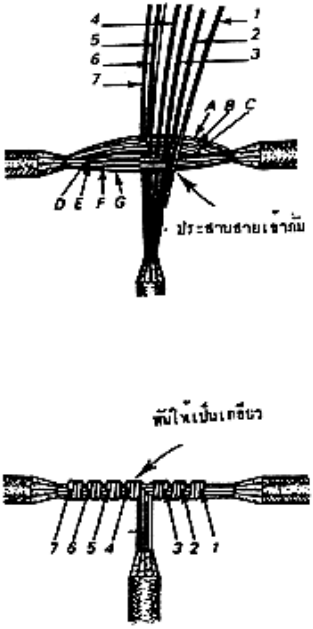
15) การต่อสายแบบบอร์ดิเนรีแท็พ ชะพลอย

เครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุ คีมตัด, คีมปากจระเข้, คีมปากจิ้งจก, มีดปอกสาย, ตลับเมตร, สาย VAF ขนาด 6 มม.² จำนวน 40 ซม.

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	คำอธิบาย	ข้อควรระวัง
ขั้นที่ 1 	ปอกจนวนสายเมนให้แบ่งกึ่งกลาง ของจำนวนเส้นลวดทองแดง ปิดให้มีช่องว่างตรงกลาง นำปลายสายแยกที่ปอกจนวน แล้วคลี่ลวดให้เรียงเส้นแล้วสอดไปตรงกลาง ให้ตึงโคนแล้วแยกปลายสายออกตามจำนวนลวด 3 และ 4	อย่าให้มีช่องว่างระหว่างช่องปิดสาย
ขั้นที่ 2 	นำปลายสายแยกของแต่ละด้าน พันเป็นเกลียวตามรูป ใช้คีมกดปลายลวดของแต่ละด้าน	อย่าให้ลวดตัวนำนั้น พันเป็นเกลียวบนจนวน

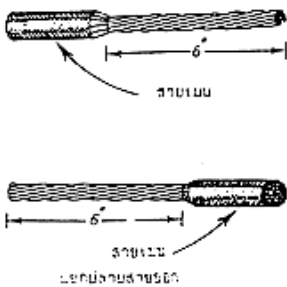
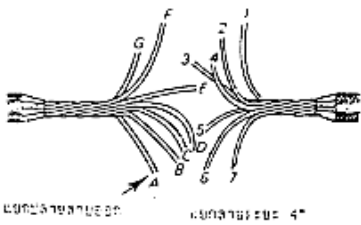
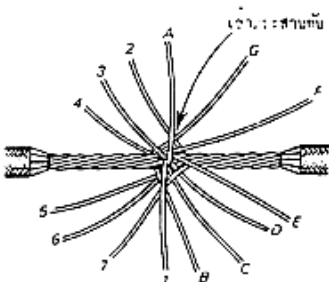
16) การต่อสายแบบชิงเกลแรพพิดชะพลู

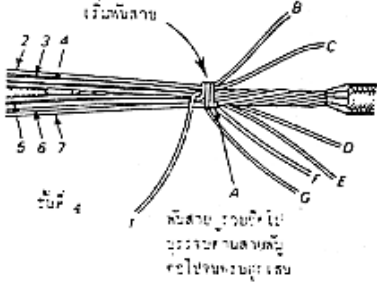
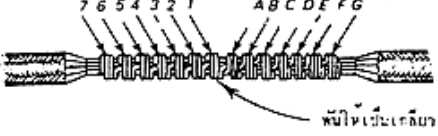
เครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุ คีมตัด, คีมปากจระเข้, คีมปากจิ้งจก, มีดลอกสาย, ตลับเมตร, สาย VAF ขนาด 6 มม.² จำนวน 40 ซม.

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	คำอธิบาย	ข้อควรระวัง
ขั้นที่ 1  ขั้นที่ 2 	ลอกฉนวน สายเมน ขนาด 4 นิ้ว ลอกฉนวนสายแยก ประมาณ 3 นิ้วแล้วนำมาคลี่ออกจากการตีเกลียว แยกสายเมนออก นำสายแยกประสาน สายเข้าพันถึงโคนปลายสาย นำสายแยก เอาลวดมารัดสายเมนที่ละเส้น โดยให้ปลายชนต้น จนหมดไปแต่ละด้าน เริ่มใหม่ของอีกข้างหนึ่ง เช่นเดียวกันดังแสดงไว้ตามรูป	จับเส้นลวดให้เรียงกัน

17) การต่อสายแบบชิงเกลีแรพพิคชะพไลซ์

เครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุ คีมตัด, คีมปากจระเข้, คีมปากจิ้งจก, มีดลอกสาย, ตลับเมตร, สาย VAF ขนาด 6 มม.²

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	คำอธิบาย	ข้อควรระวัง
ขั้นที่ 1 	ลอกสายเบบแต่ละเส้น ประมาณ 6 นิ้ว ทั้งสองเส้น แล้วทำความสะอาดสายทั้งสองเส้นด้วย	
ขั้นที่ 2 	ให้แกะปลายเส้นลวดสายไฟทั้งสองปลายที่จะต่อกัน แยกออกมาประมาณ 5 นิ้ว โดยจ้างแต่ละเส้นให้อ้าออกไปจากกลุ่มเป็นมุม 30° ทุก ๆ เส้น	
ขั้นที่ 3 	สายที่แยกกันนำมาประสานกัน	

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	คำอธิบาย	ข้อควรระวัง
ขั้นที่ 4  ขั้นที่ 5 	ให้รวมปลายลวดทองแดง แล้วพันเป็นเกลียวตามรูป	

บทที่ 3

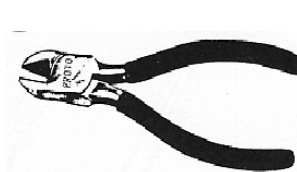
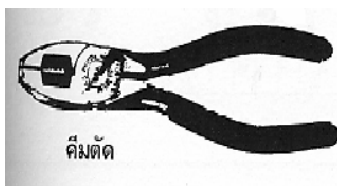
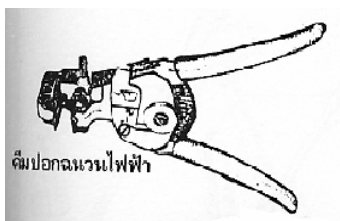
การเดินสายไฟฟ้าและอุปกรณ์สำหรับเดินสายไฟฟ้า

ในการเดินสายไฟฟ้าและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า เราควรรู้หลักการดังต่อไปนี้

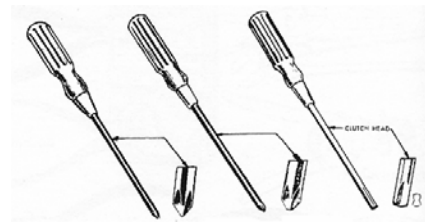
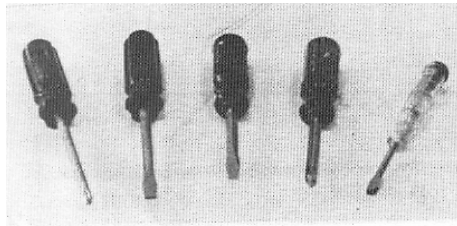
1. **ความปลอดภัย** หมายถึง รู้จักการใช้ขนาดของสายไฟฟ้าให้ถูกต้องเหมาะสม รู้จักการรวมสาย รู้จักอุปกรณ์การเดินสายและการใช้งานอย่างถูกต้อง รู้จักการใช้ฟิวส์ สวิตช์ และเครื่องตัดตอนอัตโนมัติอย่างเหมาะสม
2. **ความประหยัด** หมายถึง รู้จักการกระะยะการวางสาย ไม่เดินสายอ้อมไปมาจนทำให้เปลืองสาย
3. **ความสวยงาม** คือรู้จักจัดวางสายให้เป็นระเบียบเรียบร้อยไม่เกะกะกรุงรัง ตลอดจนการวางตำแหน่งอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม
4. **ความเหมาะสม** คือการจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์ที่จะติดตั้งเป็นไปตามความต้องการของเจ้าของบ้าน และเป็นไปตามกฎของการไฟฟ้านครหลวงหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
5. **การรู้จักวางแผนเผื่อในอนาคต** คือการกำหนดขนาดของสายเมนสำหรับรองรับการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าเพิ่มเติมในอนาคต โดยทั่วไปให้เพิ่มขนาดสายเมนโตกว่าที่คำนวณได้ประมาณครึ่งหนึ่งหรือเพิ่มอีกหนึ่งเท่าตัว

3.1 เครื่องมือ

คีม (Pliers) สามารถใช้ได้ทั้งแบบมีฉนวนหุ้มด้าม หรือไม่มีฉนวนหุ้มด้าม สำหรับคีมที่ใช้กับงานที่เกี่ยวกับสายไฟฟ้าจะเป็นแบบมีฉนวนหุ้มด้ามเพื่อป้องกันอันตราย ได้แก่ คีมตัด คีมตัดปากเฉียง คีมปลายแหลม และ คีมปอกสาย เป็นต้น



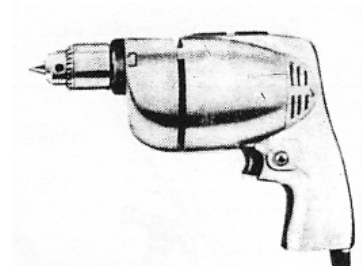
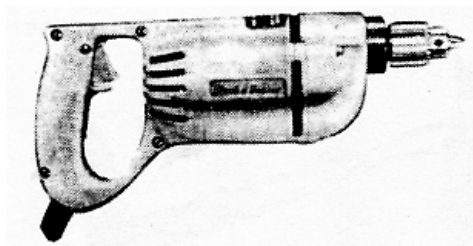
ไขควง(Screwdriver) ใช้สำหรับไขหรือคลายสกรู มีทั้งชนิดปากแบน ปากเป็นแฉก บางชนิดก็จะมีอุปกรณ์สำหรับตรวจสอบไฟฟ้าอยู่ในตัวด้วยก็ได้



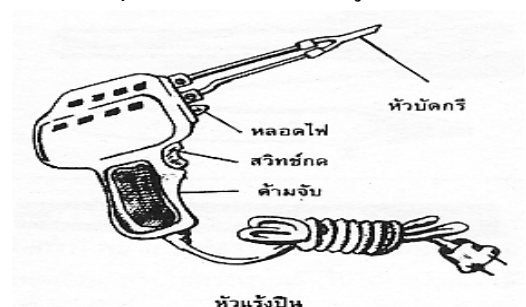
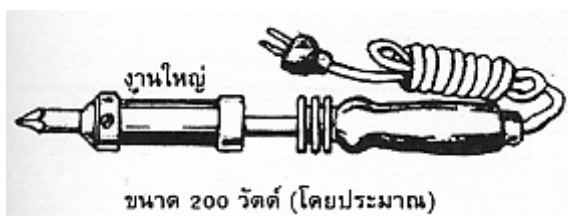
ค้อน (Hammer) ใช้ในการตอกตะปูยึดเข็มขัดรัดสาย ตอกเหล็กนำศูนย์ หรือตอกเหล็กสกัด ก่อนที่ใช้สำหรับการเดินสายไฟฟ้า ปลายด้านหนึ่งจะทำเป็นลักษณะรูปลิ้นดั่งรูป



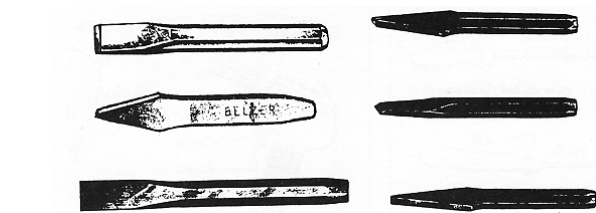
สว่าน (Drill) มีทั้งชนิดเจาะไม้หรือโลหะ และสว่านเจาะปูน หรือ สว่านกระแทก ประโยชน์ที่ใช้คือเจาะไม้หรือผนังปูนเพื่อร้อยสาย การใช้งานก็ควรเลือกให้ถูกต้อง



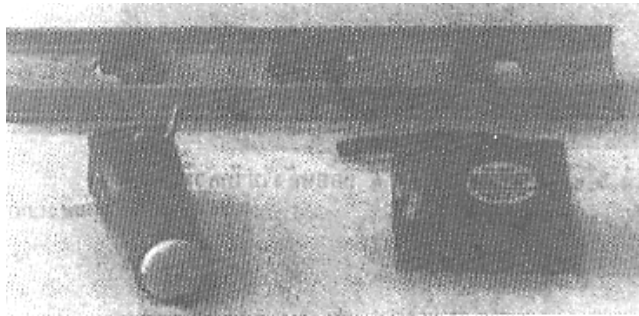
อุปกรณ์สำหรับบัดกรี (Soldering equipment) ใช้ในการบัดกรีสายที่เราต่อเอาไว้เพื่อให้แน่นหนาขึ้น ยกเว้นสายที่เราใช้หัวต่อไม่จำเป็นต้องบัดกร้อีก ตัวอย่างอุปกรณ์บัดกรีที่ใช้ดังรูป



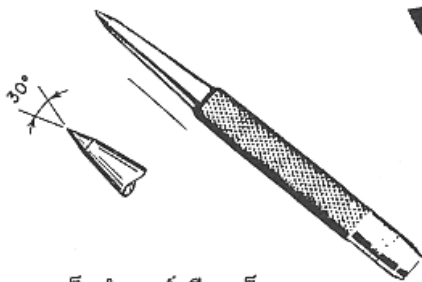
สกัด (Chisel) ใช้ในการสกัดหรือเจาะผนังปูนเพื่อฝังกล่องสำหรับติดตั้งสวิตช์หรือปลั๊กไฟฟ้า



เครื่องมือวัดและเครื่องมือสำหรับตีเส้น ได้แก่ สายวัด ตลับเมตร เครื่องตีเส้น และเครื่องมือวัดแนวระดับ



เครื่องมือเบ็ดเตล็ด ได้แก่ เหล็กนำศูนย์ ส่ว เป็นต้น



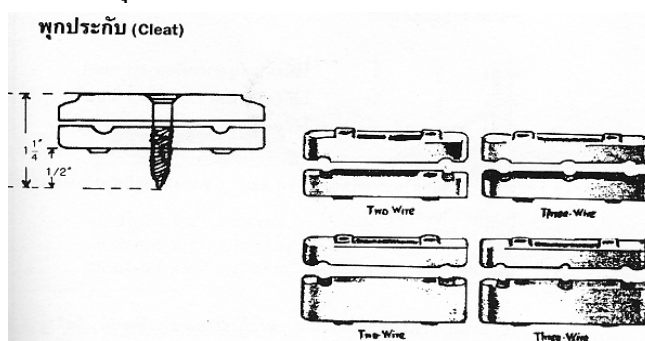
เหล็กนำศูนย์หรือเหล็กตอก



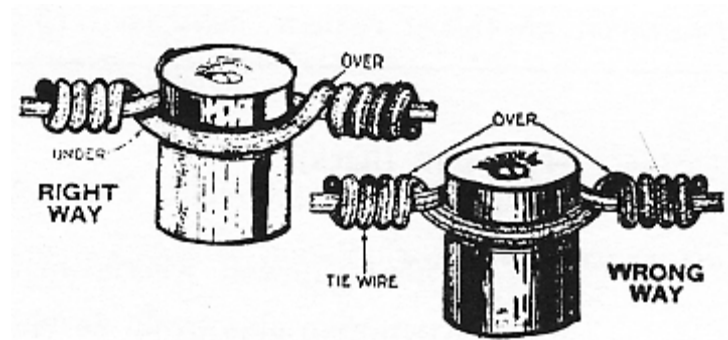
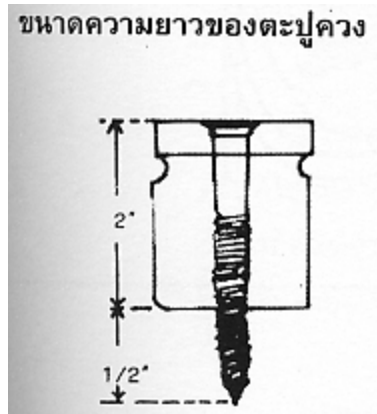
ส่ว

3.2 อุปกรณ์การเดินสาย

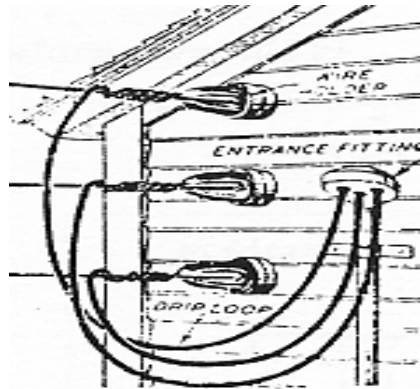
พุกประกบ (Cleat) ใช้ได้กับสายไฟฟ้าขนาดโตไม่เกิน 6.0 มม.² ใช้เดินติดกับฝา หรือ เกร้า คาน ด้วยตะปูเกลียว โดยที่ความยาวของตะปูจะต้องไม่น้อยกว่าสองเท่าของความหนาของตัวพุกประกบคูนั้น ระยะห่างระหว่างพุกประกบไม่ควรเกิน 1.25 เมตร



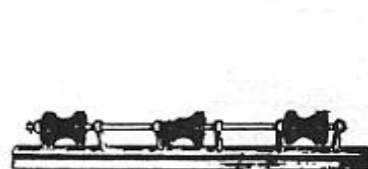
ตุ้ม (Knobs) ใช้กับสายไฟฟ้าขนาดไม่เกิน 70 มม.² ตะปูเกลียวที่ใช้ต้องยาวไม่น้อยกว่า หนึ่งเท่าครึ่งของความสูงของลูกตุ้มนั้นๆ เวลาเดินใช้ระยะห่างระหว่างลูกตุ้มไม่เกิน 10 ซม. และอยู่สูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 2.50 เมตร



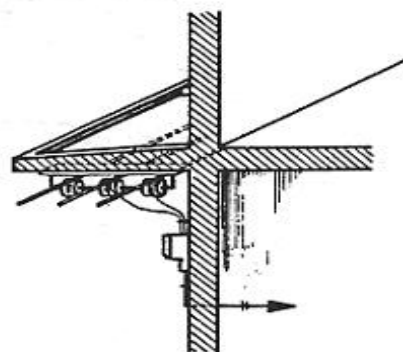
ไวร์โฮลเดอร์ (Wire holder) เป็นสิ่งจับยึดสายสามารถใช้งานได้ทันที เนื่องจากที่ฐานมีตะปูเกลียวติดอยู่ด้วย ใช้เดินสายแทนลูกตุ้มได้



แรค (Rack) การเดินสายแบบลอย หากสายไฟฟ้านั้นมีพื้นที่หน้าตัดเกิน 16 มม.² ต้องติดตั้งภายในอาคารหรือโรงงาน ต้องใช้แรคจับเพื่อรับน้ำหนักของสายนั้นๆ ได้อย่างมั่นคง

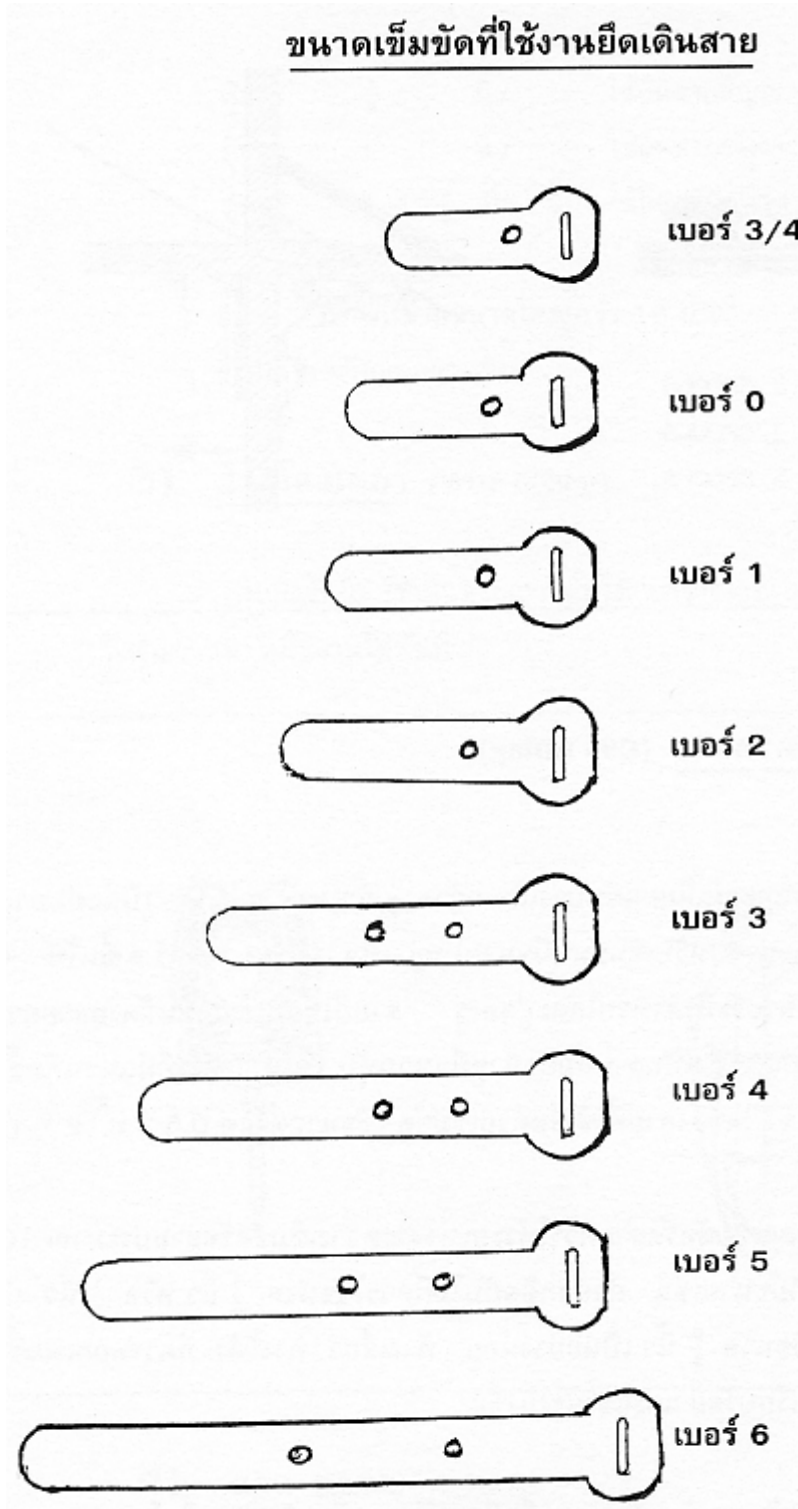


SECONDARY RACK 2 SPOOLS
SECONDARY RACK 3 SPOOLS
SECONDARY RACK 5 SPOOLS



เข็มขัดรัดสาย (Clip wiring) ทำด้วยอลูมิเนียมแผ่นบางเล็กๆ กว้างประมาณ ครึ่งนิ้ว ยาวประมาณ หนึ่งนิ้วครึ่ง สายที่ใช้เดินด้วยเข็มขัดรัดสายควรเป็นสายที่มีฉนวนเป็นยางหรือพีวีซี ซึ่งเป็นสายตัวนำคู่มีฉนวนสองชั้น สายที่มีฉนวนชั้นเดียวไม่ควรใช้การเดินด้วยเข็มขัดรัดสาย ระยะห่างระหว่างเข็มขัดรัดสายจะอยู่ประมาณ 10 – 12 ซม. ไม่ควรรัดสายด้วยเข็มขัดรัดสายเมื่อมีการรัดสายตั้งแต่สามเส้นขึ้นไป เพราะจะทำให้สายที่รัดรวมกันไม่แผ่ราบไปตามผิวอาคาร

ขนาดเข็มขัดที่ใช้งานยึดเดินสาย



3.3 กฎการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง

ตามกฎการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงแบ่งออกได้เป็น 4 แบบ
คือ

- การเดินสายเปิดบนวัสดุฉนวน (Open wiring)
- การเดินสายในท่อสาย (Wiring in raceway)
- การเดินสายบนผิว (Surface raceway)
- การเดินสายบนรางเดินสาย (Cable tray)

3.3.1 การเดินสายเปิดบนวัสดุฉนวน (Open wiring)

วิธีการเดินสายจะเป็นการเดินสายบนค้ำ หรือลูกถ้วย สามารถใช้ได้กับทั้งไฟฟ้าแรงดันสูง และแรงดันต่ำ ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะไฟฟ้าแรงดันต่ำเท่านั้น การเดินในลักษณะนี้การไฟฟ้านครหลวงได้กำหนดกฎเกณฑ์ดังนี้

1. อนุญาตให้เดินสายเปิดบนวัสดุฉนวนภายในอาคารได้เฉพาะโรงงานอุตสาหกรรม งานเกษตรกรรม และ งานแสดงสินค้าเท่านั้น
2. ต้องมีการป้องกันทางกายภาพที่เหมาะสม และสายต้องอยู่สูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 2.50 เมตร
3. การเดินสายในที่ชื้นเปียก หรือมีไอที่ทำให้เกิดการฟุ้งกร่อน ต้องมีการจัดทำเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายต่อสายได้
4. สายไฟฟ้าที่มีขนาดตั้งแต่ 6.0 มม.ขึ้นไป ที่ติดตั้งบนค้ำหรือลูกถ้วย ต้องยึดกับฉนวนที่รองรับให้มั่นคงด้วยลวดรัดสาย (Tie wire) ซึ่งมีฉนวนที่ทนแรงดันไม่น้อยกว่าฉนวนที่หุ้มสายเส้นนั้น
5. สายที่ใช้ต้องเป็นสายหุ้มฉนวน ยกเว้นสายที่ป้อนกำลังให้ปั่นจั่นชนิดเคลื่อนที่ได้บนราง
6. การเดินสายเปิดบนวัสดุฉนวนภายในอาคารให้เป็นไปตามตารางที่ 1
7. วัสดุฉนวนสำหรับการเดินสาย ต้องเหมาะสมกับสภาพการใช้งาน
8. การเดินสายเปิดบนวัสดุฉนวนภายนอกอาคารให้เป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้
 - ก. การเดินสายบนค้ำให้เป็นไปตามตารางที่ 1 โดยมีข้อเพิ่มเติมคือ ถ้าเดินสายในที่โล่ง ขนาดสายต้องไม่เล็กกว่า 2.5 ตร.มม. และระยะห่างระหว่างจุดจับยึดสายต้องไม่เกิน 0.50 เมตร
 - ข. การเดินสายบนลูกถ้วยให้เป็นไปตามตารางที่ 2

การติดตั้ง	ระยะสูงสุดระหว่าง จุดจับยึดสาย (ม.)	ระยะห่างต่ำสุด (ซม.) ระหว่าง		ขนาดสายโคตุด (ตร.มม.)
		สายไฟฟ้า	สายไฟฟ้ากับสิ่ง ก่อสร้าง	
บนค้ำ	2.5	10	2.5	70
บนลูกถ้วย	5.0	15	5	ไม่กำหนด

ตารางที่ 1

การเดินสายแบบเปิดบนวัสดุฉนวนภายในอาคาร

ระยะสูงสุดระหว่าง จุดจับยึดสาย (ม.)	ระยะห่างต่ำสุด (ซม.) ระหว่าง		ขนาดสายเล็กสุด (ตร.มม.)
	สายไฟฟ้า	สายไฟฟ้ากับสิ่งก่อสร้าง	
ไม่เกิน 10	15	5	2.5
11-25	20	5	4
26-40	20	5	6

ตารางที่ 2

การเดินสายเปิดบนลูกถ้วยภายนอกอาคาร

3.3.2 การเดินสายในท่อสาย (Raceway)

ท่อสายหมายถึง ท่อหรือช่องที่ใช้ห่อหุ้มสายหรือตัวนำไฟฟ้า ต้องเป็นท่อที่ออกแบบมา
สำหรับการเดินสายหรือตัวนำไฟฟ้าเท่านั้น ท่อสายในกฎการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า
แบ่งออกได้ดังนี้

1. ท่อโลหะหนา โลหะหนาปานกลาง และโลหะบาง
2. ท่อโลหะอ่อน
3. ท่อโลหะอ่อนกันของเหลวได้
4. ท่อโลหะอ่อน
5. ท่อโลหะแข็ง
6. Surface metal raceway
7. Surface nonmetallic raceway
8. Cable trays
9. Bus ways

1. การเดินสายในท่อโลหะ ท่อโลหะในที่นี้หมายถึงท่อโลหะหนา (Rigid metal conduit) หรือเรียกชื่อย่อว่าท่อ RSC (Rigid steel conduit) ท่อโลหะหนาปานกลาง (Intermediate metal conduit) และท่อโลหะบาง (Electrical metallic tubing) ท่อทั้งสามประเภทเป็นท่อซึ่งทำจากเหล็กอบสังกะสี โดยที่ท่อโลหะหนา และหนาปานกลางเป็นท่อที่สามารถทำเกลียวได้ จึงสามารถใช้แทนกันได้ รวมทั้งยังสามารถกันน้ำเข้าได้ด้วย ซึ่งท่อโลหะบางไม่สามารถทำได้ ถึงแม้จะมีข้อต่อที่เป็น Concrete tight ก็ไม่ถึงว่ากันน้ำได้ ซึ่งในการใช้งานท่อทั้ง 3 ชนิดนั้นมีข้อกำหนดการใช้และการติดตั้งดังนี้

1.1 ลักษณะการใช้งาน ใช้กับการเดินสายทั่วไป ทั้งในสถานที่แห้ง ชื้น และเปียก นอกจากนี้จะมีการระบุไว้เฉพาะเรื่องนั้นๆ โดยต้องติดตั้งให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน

ข้อกำหนดการติดตั้ง

1.2.1 ในสถานที่เปียก ท่อโลหะและส่วนประกอบที่ใช้ยึดท่อโลหะ เช่น Bolt, Strap, Screw ต้องเป็นชนิดที่ทนต่อการผุกร่อนได้ดี

1.2.2 ปลายท่อที่ถูกตัดออกต้องถูกลบคม เพื่อไม่ให้บาดเจ็บของสาย การทำเกลียวจะต้องใช้เครื่องทำเกลียวแบบปลายเรียบเท่านั้น เพื่อให้มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าที่ดี

1.2.3 ข้อต่อ (Coupling) และข้อต่อยึด (Connector) ชนิดไม่มีเกลียวต้องต่อให้แน่น เมื่อฝังในอิฐก่อหรือคอนกรีตต้องใช้ชนิดฝังในคอนกรีต (Concrete tight) เมื่อติดตั้งในสถานที่เปียกต้องใช้ชนิดกันฝนได้ (Rain tight)

1.2.4 การต่อสายให้ต่อได้เฉพาะในกล่องต่อสาย หรือกล่องต่อจุดไฟฟ้าที่สามารถเปิดออกได้สะดวก โดยที่ปริมาณของสาย และฉนวน รวมทั้งหัวต่อสายเมื่อรวมกันแล้วต้องไม่เกินร้อยละ 75 ของปริมาตรภายในของกล่องต่อสายหรือกล่องต่อจุดไฟฟ้า

1.2.5 การติดตั้งท่อสายเข้ากับกล่องต่อสายหรือเครื่องประกอบการเดินท่อ ต้องมีบุชซึ่งเพื่อป้องกันฉนวนของสายชำรุด ยกเว้นกล่องต่อสายหรือเครื่องประกอบการเดินท่อที่ได้ออกแบบให้มีการป้องกันการชำรุดของฉนวนไว้แล้ว

1.2.6 ท่อโลหะบางห้ามทำเกลียว

1.2.7 มุมดัดโค้งระหว่างจุดดึงสายรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 360 องศา

1.3 ห้ามใช้ท่อโลหะบางฝังดินโดยตรง หรือใช้ในระบบไฟฟ้าแรงดันสูง หรือ ที่ซึ่งอาจจะเกิดความเสียหายภายหลังการติดตั้งได้

1.4 ห้ามใช้ท่อโลหะขนาดเล็กกว่า 12 มม. หรือ ครึ่งนิ้ว

1.5 จำนวนสายในท่อร้อยสายต้องไม่เกินจำนวนสายในตารางที่ 3

พื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟฟ้าทุกเส้นคิดเป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของท่อ

จำนวนสายในท่อร้อยสาย	1	2	3	4	มากกว่า 4
สายไฟฟ้าทุกชนิดที่ไม่มีปลอกตะกั่วหุ้ม	53	31	40	40	40
สายไฟฟ้าชนิดที่มีปลอกตะกั่วหุ้ม	55	30	40	38	38

1.6 การติดตั้งใต้ดินต้องเป็นไปตามที่กำหนดในเรื่องการติดตั้งใต้ดิน

1.7 รัศมีดัดโค้งด้านในของท่อต้องไม่น้อยกว่า 6 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ ถ้าเป็นสายชนิดมีปลอกตะกั่ว จะต้องไม่น้อยกว่า 10 เท่า เว้นท่อที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มม. จะต้องมีรัศมีดัดโค้งด้านในท่อไม่น้อยกว่า 8 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ และถ้าสายเป็นแบบมีปลอกตะกั่วรัด จะต้องไม่น้อยกว่า 12 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ

1.8 ต้องติดตั้งระบบท่อให้เสร็จก่อนจึงจะเดินสายได้

1.9 การเดินสายด้วยท่อโลหะ ไปยังเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า ควรเดินด้วยท่อโลหะโดยตลอด หรือเดินด้วยท่อโลหะอ่อน หรือเดินด้วยวิธีการอื่นๆ แต่ต้องเป็นไปตามกฎการเดินสาย

ตารางที่ 4

**ตารางแสดงพื้นที่ภาคตัดขวางภายในของท่อร้อยสายไฟฟ้า
(ที่ผลิตตามมาตรฐาน มอก. 770- 2531)**

ขนาดท่อ (มม.)	พื้นที่ตัดขวางภายในท่อ (มม. ²) ชนิดของท่อ		
	EMT	IMC	RSC
15	195	230	201
20	343	390	355
25	555	637	572
32	967	1091	986
40	1313	1467	1338
50	2164	2382	2196
65	3776	3367	3137
80	5706	5175	4837
90	7447	6907	6458
100	9520	8871	8309
125	-	-	13041
150	-	-	18786

2. การเดินสายในท่อโลหะอ่อน (Flexible metallic conduit) นิยมใช้ในการเดินสายเข้าเครื่องจักร หรือ คอมพิวเตอร์ เนื่องจากสามารถโค้งงอได้ตามต้องการ และยังใช้งานได้ดีกับเครื่องจักรที่มีการสั่นสะเทือน แต่เนื่องจากเป็นท่อที่ไม่กันน้ำ ดังนั้นในการใช้งานควรคำนึงถึงในเรื่องนี้ไว้ด้วย โดยปฏิบัติตามกฎการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ดังนี้

2.1 ลักษณะการใช้งาน ใช้ในสถานที่แห้ง และสามารถเข้าถึงได้ และเพื่อป้องกันสายจากความเสียหายทางกายภาพ หรือดินชอนสาย

2.2 ไม่อนุญาตให้ใช้ท่อโลหะอ่อนในกรณีดังต่อไปนี้

2.2.1 ในปล่องลิฟต์ หรือปล่องขนของ

2.2.2 ในห้องแบตเตอรี่ เพราะอาจลุกไหม้ได้เนื่องจากไอของกรด

2.2.3 ในสถานที่อันตราย นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่น

2.2.4 ฝังในดินหรือคอนกรีต

2.2.5 ในสถานที่เปียก นอกจากจะใช้สายไฟฟ้าชนิดที่เหมาะสมกับสภาพการติดตั้ง และในการติดตั้งท่อโลหะอ่อนต้องป้องกันไม่ให้น้ำเข้าไปในท่อสายที่ท่อโลหะอ่อนนี้ต่ออยู่

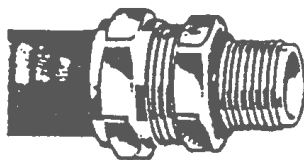
2.3 ห้ามใช้ท่อโลหะอ่อนที่มีขนาดเล็กกว่า 12 มม. ยกเว้นท่อโลหะอ่อนที่ประกอบมากับหัวหลอดไฟ และมีความยาวไม่เกิน 180 ซม.

2.4 จำนวนสายที่เดินในท่อโลหะอ่อนต้องไม่เกินจำนวนสายตามตารางที่ 3

2.5 มุมดัดโค้งระหว่างจุดดึงสายรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 360 องศา

2.6 ต้องติดตั้งระบบท่อให้เสร็จก่อนจึงจะเดินสายได้

3. การเดินสายในท่อโลหะอ่อนกันของเหลว (Liquid tight flexible metal conduit)



Liquid tight flexible metal conduit

ท่อโลหะอ่อนประเภทนี้จะแตกต่างจากท่อโลหะอ่อนทั่วไป ตรงที่มีการหุ้มด้วยพลาสติกจำพวก PVC หรือ PE อีกชั้นหนึ่งเพื่อกันน้ำหรือของเหลว ในการใช้งานจะต้องคำนึงถึงอุณหภูมิใช้งานของสายด้วย โดยที่อุณหภูมิใช้งานของท่อจะต้องไม่ต่ำกว่าอุณหภูมิใช้งานของสาย เช่น อุณหภูมิใช้งานของท่อไม่เกิน 70 °C จะนำไปใช้ร้อยสายที่มีอุณหภูมิใช้งาน 90 °C ไม่ได้ แต่ถ้าจะใช้ก็ต้องลดขนาดกระแสมของสายลงไม่ให้อุณหภูมิเกิน 70 °C

3.1 ลักษณะการใช้งาน ใช้ในสภาพที่มีการติดตั้ง การใช้งาน การบำรุงรักษาที่ต้องการความอ่อนตัวของท่อ เพื่อป้องกันของแข็ง ของเหลว หรือไอ หรือในสถานที่อันตราย

3.2 ในการติดตั้งท่อโลหะอ่อนกันของเหลวจะต้องใช้กับข้อต่อยึดซึ่งได้รับการรับรองเพื่อใช้กับงานประเภทนี้เท่านั้น

3.3 ไม่อนุญาตให้ใช้ท่อโลหะอ่อนกันของเหลวในกรณีต่อไปนี้

3.3.1 ที่ซึ่งอาจจะได้รับความเสียหายทางกายภาพได้

3.3.2 ที่ซึ่งอุณหภูมิของสายและอุณหภูมิโดยรอบสูงจนทำให้ท่อเสียหายได้ ในกรณีนี้ให้ใช้สายที่มีอุณหภูมิใช้งานไม่เกินอุณหภูมิใช้งานของท่อ

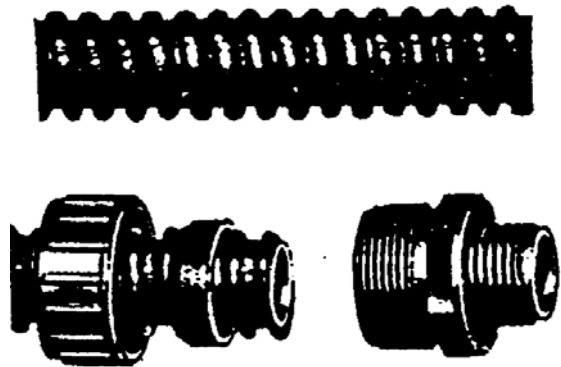
3.4 ขนาดท่อที่อนุญาตให้ใช้ได้ต้องไม่ต่ำกว่า 12 มม. และไม่เกิน 102 มม.

3.5 จำนวนสายที่เดินในท่อโลหะอ่อนกันของเหลว ต้องไม่เกินจำนวนสายตามตารางที่ 3

3.6 มุมคดโค้งระหว่างจุดดึงสายรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 360 องศา

3.7 ต้องติดตั้งระบบท่อให้เสร็จก่อนจึงจะเดินสายได้

4. การเดินสายในท่อโลหะอ่อน (Flexible nonmetallic tubing)



มีลักษณะเป็นลอน (Corrugate) ท่อสายและเครื่องประกอบการเดินท่อต้องทำด้วยวัสดุที่เหมาะสมกับการใช้งานทางไฟฟ้า ทนต่อความชื้น สารเคมี และมีคุณสมบัติด้านเปลวเพลิง นอกจากนี้จะเดินฝังในคอนกรีตแล้ว ท่อชนิดนี้ยังสามารถคดโค้งได้ด้วยมือโดยไม่ต้องมีอุปกรณ์อื่นช่วย

4.1 อนุญาตให้ใช้ท่อโลหะอ่อนในกรณีดังนี้

4.1.1 ในที่เปิดโล่งซึ่งไม่ได้รับความเสียหายทางกายภาพ และใช้กับอาคารที่มีความสูงไม่เกิน 3 ชั้นเหนือพื้นดิน

4.1.2 ในที่ซ่อน ผนัง พื้น หรือเพดาน ซึ่งมีแผ่นกั้นทนไฟได้นานไม่น้อยกว่า 15 นาที

4.1.3 ในบริเวณที่ไม่ทำให้ท่อเกิดการผุกร่อน

- 4.1.4 ในที่แห้ง หรือชื้น ซึ่งไม่อยู่ในข้อห้ามตามข้อ 4.2
- 4.1.5 ฝังในคอนกรีต โดยใช้ท่อประกอบการเดินท่อที่เหมาะสม
- 4.2 ไม่อนุญาตให้ใช้ท่อโลหะอ่อนในกรณีดังนี้
 - 4.2.1 ในสถานที่อันตราย นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่น
 - 4.2.2 ใช้เป็นเครื่องแขวน และจับยึดดวงโคม
 - 4.2.3 อุณหภูมิโดยรอบหรืออุณหภูมิใช้งานของสายสูงเกินกว่าอุณหภูมิท่อที่ระบุไว้
 - 4.2.4 ฝังดินโดยตรง
 - 4.2.5 แรงดันไฟฟ้าใช้งานเกิน 750 โวลต์
 - 4.2.6 ในที่เปิดเผย ยกเว้นในที่ที่ระบุตามข้อ 4.1.1
 - 4.2.7 ในโรงภาพยนตร์ และ โรงมหรสพ
- 4.3 ห้ามใช้ท่อโลหะอ่อนที่มีขนาดเล็กกว่า 12 มม. และโตกว่า 26 มม.
- 4.4 จำนวนสายที่เดินในท่อโลหะอ่อนกันของเหลว ต้องไม่เกินจำนวนสายตามตารางที่ 3
- 4.5 มุมดัดโค้งระหว่างจุดดึงสายรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 360 องศา
- 4.6 ต้องมีการจับยึดท่อโลหะอ่อนให้แน่นในทุกๆระยะไม่เกิน 1 เมตร
- 4.7 ต้องติดตั้งระบบท่อให้เสร็จก่อนจึงจะเดินสายได้

5. การเดินสายในท่อโลหะแข็ง (Rigid nonmetallic conduit)

ท่อชนิดนี้มีการใช้งานอยู่ทั่วไปได้แก่ ท่อ PVC และท่อ PE ท่อ PVC มีคุณสมบัติในการต้านเปลวเพลิง แต่เมื่อไหม้ไฟแล้วจะเกิดแก๊สซึ่งเป็นพิษต่อบุคคลออกมาด้วย ส่วนท่อ PE ไม่มีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง ดังนั้นการใช้งานจึงต้องฝังอยู่ในคอนกรีต ฝังดิน หรือติดตั้งอยู่ภายนอกอาคารเท่านั้น ตามกฎการเดินสายของการไฟฟ้านครหลวงได้กำหนดเอาไว้ว่า

ท่อโลหะและเครื่องประกอบการเดินท่อต้องใช้วัสดุที่เหมาะสม ทนต่อความชื้น สภาวะอากาศและสารเคมี สำหรับท่อที่ติดตั้งเหนือดินต้องมีคุณสมบัติในการต้านเปลวเพลิง ทนแรงกระแทก และแรงอัด ไม่บิดเบี้ยวเพราะความร้อนภายใต้สภาวะที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้งาน ในท่อที่อยู่กลางแจ้ง ต้องโดนแสงแดด จะต้องเป็นท่อที่มีความคงทนต่อแสงแดด ส่วนท่อที่ใช้ฝังดิน ก็จะต้องมีคุณสมบัติทนความชื้น ทนสารที่ทำให้ผุกร่อน และมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะทนต่อแรงกระแทกได้โดยไม่เสียหาย ถ้าใช้ฝังดินโดยตรง โดยไม่มีคอนกรีตหุ้ม วัสดุที่ใช้ต้องสามารถทนน้ำหนักที่เกิดขึ้นภายหลังได้

5.1 อนุญาตให้ใช้ท่อโลหะแข็งในกรณีดังต่อไปนี้

- 5.1.1 เดินซ่อนในผนัง พื้น หรือเพดาน
- 5.1.2 ในบริเวณที่ทำให้เกิดการผุกร่อน หรือมีสารเคมี ถ้าท่อและเครื่องประกอบการเดินท่อได้ออกแบบมาให้ทนต่อสภาวะแวดล้อมดังกล่าว

5.1.3 ในที่เปียกหรือชื้น ซึ่งท่อได้รับการป้องกันไม่ให้น้ำเข้าไปในท่อได้

5.1.4 ในที่โล่งซึ่งไม่เกิดความเสียหายทางกายภาพ

5.1.5 ในการติดตั้งใต้ดินต้องเป็นไปตามข้อกำหนดในการติดตั้งใต้ดิน

5.2 ไม่อนุญาตให้ใช้ท่อโลหะแข็งในกรณีดังต่อไปนี้

5.2.1 ในสถานที่อันตราย นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่น

5.2.2 ใช้เป็นเครื่องแขวน และจับยึดดวงโคม

5.2.3 อุณหภูมิโดยรอบหรืออุณหภูมิใช้งานของสายสูงเกินกว่าอุณหภูมิท่อที่ระบุไว้

5.3 เมื่อเดินเข้ากล่อง หรือส่วนประกอบอื่นๆ ต้องมีบุซึ่งป้องกันฉนวนของสายชำรุดเสียหาย

5.4 ห้ามใช้ท่อโลหะแข็งที่มีขนาดเล็กกว่า 12 มม.

5.5 จำนวนสายที่เดินในท่อโลหะอ่อนกันของเหลว ต้องไม่เกินจำนวนสายตามตารางที่ 3

5.6 มุมดัดโค้งระหว่างจุดดึงสายรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 360 องศา

5.7 ต้องติดตั้งระบบท่อให้เสร็จก่อนจึงจะเดินสายได้

6. การเดินสายใน Surface metal raceway

Surface raceway มีลักษณะเป็นรางสำเร็จรูปที่มีฝาปิด มีทั้งชนิดที่เป็นโลหะและอโลหะนิยมใช้ในกรณีที่ต้องการเดินสายเพิ่มเติมในอนาคตเนื่องจากทำได้สะดวก ในการติดตั้งจะวางบนพื้นหรือแนบกับฝาผนัง ในการออกแบบ Surface raceway นิยมทำให้มีสีและรูปแบบที่สวยงาม จึงเหมาะที่จะใช้ในสถานที่ที่ต้องการความเรียบร้อยและสวยงามเป็นพิเศษ การไฟฟ้านครหลวงได้กำหนดการติดตั้ง Surface raceway เอาไว้ดังนี้

6.1 อนุญาตให้ใช้ Surface metal raceway ในสถานที่แห่งเท่านั้น

6.2 ไม่อนุญาตให้ใช้ Surface metal raceway ในกรณีดังต่อไปนี้

6.2.1 ในสถานที่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพอย่างรุนแรง

6.2.2 ในบริเวณที่มีไอทำให้ผู้กร่อน

6.2.3 ในปล่องขนของ

6.2.4 ในสถานที่อันตราย นอกจากจะระบุเอาไว้เป็นอย่างอื่น

6.3 ขนาดกระแสของสายใน Raceway ใช้ตามตารางที่ 5-1 และ 5-2 โดยไม่ต้องใช้ตัวคูณลดค่ากระแส เนื่องจากสายหลายเส้น เมื่อเป็นไปตามข้อต่อไปนี้ทุกเส้น

6.3.1 พื้นที่หน้าตัดของ Raceway มากกว่า 2,580 ตารางมิลลิเมตร และ

6.3.2 จำนวนสายที่มีกระแสไหลใน Raceway ไม่เกิน 30 เส้น และ

6.3.3 พื้นที่หน้าตัดของตัวนำและฉนวนรวมกันทั้งหมดไม่เกินร้อยละ 20 ของพื้นที่หน้าตัดภายใน Raceway

6.4 ห้ามต่อ Raceway ตรงจุดที่ผ่านพื้นหรือผนัง

6.5 อนุญาตให้ต่อสายได้เฉพาะในส่วนที่สามารถเปิดออกและเข้าถึงได้สะดวกตลอดเวลาเท่านั้น และพื้นที่หน้าตัดของสายรวมทั้งหัวต่อสาย เมื่อรวมกันแล้วต้องไม่เกินร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดของ Raceway บริเวณที่ต่อสาย

6.6 Raceway ห้ามติดตั้งหากมีหัวสกปรกอยู่ภายในต้องอยู่ระดับเดียวกับผิวภายใน และไม่มีส่วนคมที่อาจบาดสายได้ การติดตั้ง Raceway รวมทั้งข้อต่อ และเครื่องประกอบต้องออกแบบให้ชิ้นส่วนต่างๆ มีความต่อเนื่องทางกลและทางไฟฟ้า และต้องไม่ทำให้สายในท่อสายนั้นชำรุดเสียหาย ฝาครอบและส่วนประกอบที่ไม่ใช่โลหะที่นำมาใช้กับท่อสายที่เป็นโลหะ ต้องเป็นชนิดที่ได้รับการเห็นชอบเพื่อใช้สำหรับงานนั้นแล้ว

6.7 Raceway ต้องหนาไม่น้อยกว่าในตารางที่ 6

6.8 จุดปลายทางของ Raceway ต้องปิด

ตารางที่ 5-1

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวน PVC ที่ผลิตตาม มอก.11-2531 อุณหภูมิตัวนำ 70 °C

ขนาดแรงดัน 300 และ 750 โวลต์ อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C

สายแกนเดียวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน เดินในท่อโลหะใน

อากาศ

ในท่อฝังในผนังปูนฉาบ หรือในท่อในฝ้าเพดาน

ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)
0.5	8
1	11
1.5	14
2.5	18
4	24
6	31
10	43
16	56
25	77
35	95

50	119
70	148
95	187
120	214
150	251
185	287
240	344
300	400
400	474
500	541

ตารางที่ 5-2

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวน PE ที่ผลิตตาม มอก.11-2531 อุณหภูมิตัวนำ 90 °C

ขนาดแรงดัน 600 อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C สายเดี่ยว 3 เส้น เดินในท่อโลหะในอากาศ

ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)
2.5	25
4	32
6	42
10	56
16	76
25	100
35	123
50	153
70	191
95	239
120	275
150	322
185	368
240	440
300	510
400	604

500	686
-----	-----

ตารางที่ 6
ความหนาต่ำสุดของ Surface metal raceway

ขนาด สูง X กว้าง (มม.)	ความหนา (มม.)
ไม่เกิน 50 x 100	0.8
ไม่เกิน 100 x 150	1.2
ไม่เกิน 100 x 200	1.2
ไม่เกิน 150 x 200	1.4
ไม่เกิน 50 x 300	1.4
เกินกว่า 150 x 300	1.6

7. การเดินสายใน **Surface nonmetallic raceway** มีลักษณะเหมือนกับ **Surface metal raceway** แตกต่างกันที่วัสดุที่นำมาใช้ทำเท่านั้น ท่อชนิดนี้ถูกออกแบบมาสำหรับใช้ภายในอาคารเท่านั้น จึงกำหนดให้ใช้ในสถานที่แห่งเท่านั้น โดยมีข้อกำหนดเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

7.1 ห้ามใช้ในกรณีต่อไปนี้

7.1.1 ในที่ชื้น

7.1.2 ในที่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพได้ นอกจากเป็นชนิดที่ได้รับการรับรองให้ใช้สำหรับงานนั้นๆแล้ว

7.1.3 ในระบบไฟฟ้าแรงดันสูง

7.1.4 ปล่องขนของ

7.1.5 ในสถานที่อันตราย นอกจากจะระบุเอาไว้เป็นอย่างอื่น

7.1.6 ที่ซึ่งมีอุณหภูมิโดยรอบตั้งแต่ 50 องศาเซลเซียสขึ้นไป

7.1.7 ใช้กับสายหุ้มฉนวนที่มีอุณหภูมิใช้งานเกิน 70°C ขึ้นไป จึงใช้กับสายที่มีฉนวนเป็นวัสดุ XLPE ไม่ได้ หรือถ้าจำเป็นต้องใช้ก็ต้องลดขนาดกระแสของสายไฟฟ้าลง เพื่อให้อุณหภูมิของสายสูงไม่เกิน 70°C

7.2 ขนาดกระแสของสายใน Raceway ใช้ตามตารางที่ 7 โดยไม่ต้องใช้ตัวคูณลดค่ากระแสเนื่องจากสายหลายเส้น เมื่อเป็นไปตามข้อต่อไปนี้ทุกเส้น

7.2.1 พื้นที่หน้าตัดของ Raceway มากกว่า 2,580 ตารางมิลลิเมตร และ

7.2.2 จำนวนสายที่มีกระแสไหลใน Raceway ไม่เกิน 30 เส้น และ

7.2.3 พื้นที่หน้าตัดของตัวนำและฉนวนรวมกันทั้งหมดไม่เกินร้อยละ 20 ของพื้นที่หน้าตัด

7.3 ห้ามต่อ Raceway ตรงจุดที่ผ่านพื้นหรือผนัง

7.4 อนุญาตให้ต่อสายได้เฉพาะในส่วนที่สามารถเปิดออกและเข้าถึงได้สะดวกตลอดเวลาเท่านั้น และพื้นที่หน้าตัดของสายรวมทั้งหัวต่อสาย เมื่อรวมกันแล้วต้องไม่เกินร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดของ Raceway ณ บริเวณที่ต่อสาย

7.5 จุดปลายทางของ Raceway ต้องปิด

ตารางที่ 7

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวน PVC ที่ผลิตตาม มอก.11-2531 อุณหภูมิตัวนำ 70 °C

ขนาดแรงดัน 300 และ 750 โวลต์ อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C

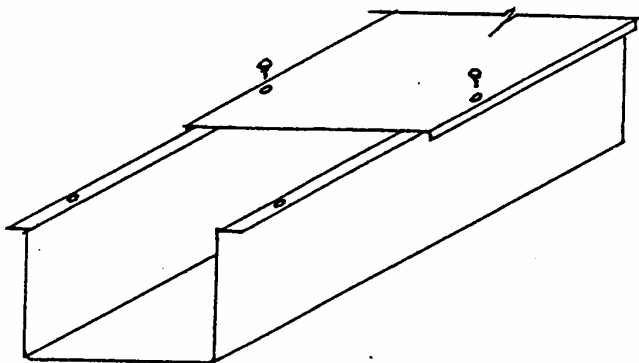
สายแกนเดียวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน เดินในท่อโลหะในอากาศ

ในท่อฝังในผนังปูนฉาบ หรือในท่อในฝ้าเพดาน

ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)
0.5	7
1	10
1.5	13
2.5	17
4	23
6	30
10	42
16	54
25	74
35	91
50	114
70	141
95	180
120	205
150	236
185	269
240	329

300	473
400	416
500	469

8. การเดินสายในรางเดินสาย (Wire way)



รางเดินสายมีลักษณะเป็นเหล็กแผ่นพับขึ้นรูปมีฝาปิด จะมีช่องระบายอากาศ หรือไม่มีก็ได้ มีทั้งแบบสำเร็จรูปหรือทำขึ้นเองก็ได้ การเดินสายในรางนิยมใช้กันมาก เนื่องจากมีราคาถูก การเดินทำได้สะดวก และสามารถเดินสายได้จำนวนมากๆได้

รางเดินสายนี้จะต้องติดตั้งในสถานที่เห็นได้ไ้ยง่าย ห้ามติดตั้งบนฝ้าเพดาน หรือสถานที่เข้าถึงได้ยาก ภายหลังการติดตั้ง แต่ถ้าอยู่ในหรือหลังแผงสวิตช์บอร์ดก็อนุญาตให้ใช้ได้ สำหรับรางเดินสายที่ติดตั้งภายนอกอาคารจะต้องเป็นชนิดที่กันฝนได้เท่านั้น และต้องมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะไม่เสียรูปภายหลังการติดตั้ง ในการติดตั้งใช้งาน เมื่อมีการเปิดฝาแล้ว สายที่เดินอยู่ภายในจะต้องไม่หลุดออกมา การไฟฟ้านครหลวงได้กำหนดกฎในการใช้รางเดินสายดังต่อไปนี้

8.1 ไม่อนุญาตให้ใช้ในสถานที่อาจเกิดความเสี่ยงทางกายภาพขึ้นได้ ในบริเวณที่มีไอฝุ่น กร่อน หรือในสถานที่อันตราย นอกจากจะระบุเอาไว้เป็นอย่างอื่น

8.2 พื้นที่หน้าตัดรวมฉนวนของสายในรางเดินสาย เมื่อรวมกันแล้วไม่เกินร้อยละ 20 ของพื้นที่หน้าตัดภายในรางเดินสาย

8.3 ขนาดกระแสของสายในรางเดินสาย ให้ใช้ค่าตามตารางที่ 5 - 1 และ 5 - 2

8.4 ไม่ต้องใช้ค่าตัวคูณลดกระแส เนื่องจากมีสายหลายเส้นในกรณีดังต่อไปนี้

8.4.1 จำนวนตัวนำที่มีกระแสเดินในรางเดินสายไม่เกิน 30 เส้น และ

8.4.2 พื้นที่หน้าตัดของตัวนำและฉนวน รวมกันแล้วไม่เกินร้อยละ 20 ของพื้นที่หน้าตัดภายในของรางเดินสาย

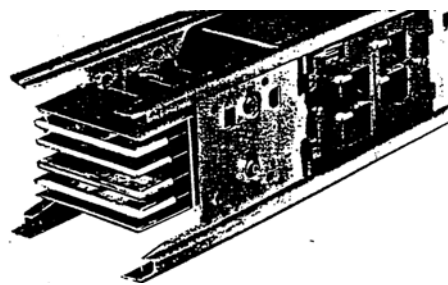
8.5 จัดปลายทางของรางเดินสายต้องปิด

8.6 รางเดินสายต้องรองรับอย่างแน่นหนา และมีระยะห่างระหว่างจุดรองรับไม่เกิน 1.50 เมตร ถ้าระยะห่างต้องมากกว่านี้ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากการไฟฟ้านครหลวงก่อน แต่ต้องไม่เกิน 3.0 เมตรในทุกกรณี

8.7 ห้ามต่อรางเดินสายตรงจุดที่ต่อกับผนังหรือพื้น

8.8 อนุญาตให้ต่อสายได้เฉพาะในจุดที่เปิดออกได้ และเข้าถึงได้สะดวกตลอดเวลาเท่านั้น และพื้นที่หน้าตัดของสายและฉนวน รวมทั้งหัวต่อสาย เมื่อรวมกันแล้วต้องไม่เกินร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดของรางเดินสายบริเวณที่ต่อสาย

9. การติดตั้งบัสเวย์(Bus way)



บัสเวย์เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากโรงงานผู้ผลิต มีข้อดีตรงที่ติดตั้งได้สะดวกและสวยงาม การต่อแยกไปใช้งานทำได้สะดวก เพราะว่ามีจุดสำหรับต่อเอาไว้ให้แล้ว การต่อแยกส่วนใหญ่จะใช้วิธีการแบบ Plug - in อาจจะมีสวิตช์อัตโนมัติตรงจุดต่อแยกหรือไม่ก็ได้ บัสเวย์มีทั้งแบบมีช่องระบายอากาศ หรือเป็นแบบปิดมิดชิด (Totally enclosed) ตัวนำมีทั้งทำด้วยทองแดง หรือ อลูมิเนียม การติดตั้งต้องกระทำในที่ที่สามารถเห็นได้ชัดเจน โดยมีข้อกำหนดในการใช้และติดตั้งดังนี้

9.1 ต้องติดตั้งในสถานที่สามารถเข้าถึงได้ตลอดเวลา เพื่อการตรวจสอบและบำรุงรักษา ตลอดความยาวทั้งหมดของบัสเวย์

9.2 ถ้าติดตั้งในที่กำบัง จะต้องมียังช่องทางที่สามารถเข้าถึงบัสเวย์ได้โดยสะดวก และบัสเวย์ที่ใช้ต้องเป็นแบบ Totally enclosed โดยเป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้ทุกข้อ

9.2.1 ไม่มีการติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกินที่ตัวบัสเวย์ นอกจากเครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับดวงโคมเฉพาะจุด

9.2.2 ทางเข้าไปถึงบัสเวย์ต้องไม่ใช่ท่อลม

9.2.3 จุดต่อระหว่างช่วงและเครื่องประกอบ ต้องสามารถเข้าถึงได้สะดวก เพื่อการบำรุงรักษา

9.3 ไม่อนุญาตให้ใช้บัสเวย์ในกรณีดังต่อไปนี้

9.3.1 ในสถานที่ซึ่งอาจจะทำความเสียหายทางกายภาพได้ หรือมีไอซึ่งทำให้สกปรก

9.3.2 ในปล่องขนของ หรือปล่องลิฟต์

9.3.3 ในสถานที่อันตราย นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่น

9.3.4 กลางแจ้ง สถานที่ขึ้นหรือเปียก นอกจากบัสเวย์นั้นจะเป็นแบบที่ออกแบบมาสำหรับงานนั้นๆโดยตรง

9.4 บัสเวย์ต้องติดตั้งให้มั่นคงแข็งแรง ระยะห่างระหว่างจุดจับยึดต้องไม่เกิน 1.50 เมตร หรือเป็นไปตามการออกแบบของผู้ผลิต และที่จุดปลายทางต้องปิด

9.5 การต่อแยกบัสเวย์ ต้องใช้เครื่องประกอบที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ

9.6 พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน ต้องเป็นไปตามที่กำหนดในเรื่องการป้องกันกระแสเกิน

9.7 การลดขนาดของบัสเวย์ ต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกินเพิ่มเติม

ยกเว้น บัสเวย์ที่เล็กลงมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าหนึ่งในสามของขนาดกระแสของบัสเวย์ต้นทางหรือหนึ่งในสามของขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกินที่อยู่ต้นทางของบัสเวย์ชุดเดียวกัน และ บัสเวย์ที่เล็กลงมีความยาวไม่เกิน 15 เมตร

9.8 ต้องไม่ติดตั้งบัสเวย์ให้ใกล้กับวัตถุที่ติดไฟได้ง่าย

9.9 การต่อแยกบัสเวย์ต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกินที่จุดต่อแยก เพื่อใช้ป้องกันวงจรที่ต่อแยกนั้น นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่นในเรื่องนั้นๆ

9.10 เปลือกหุ้มของบัสเวย์ที่เป็นโลหะต้องต่อลงดินเสมอ

9.11 อนุญาตให้ใช้เปลือกนอกของบัสเวย์ เป็นตัวนำสำหรับต่อลงดินได้ ถ้าเปลือกนอกบัสเวย์นั้นได้ถูกออกแบบมาเพื่อต่อลงดินโดยเฉพาะ

9.12 ขนาดกระแสของบัสเวย์ให้ใช้ขนาดตามที่บริษัทผู้ผลิตระบุเอาไว้

3.3.3 การเดินสายบนผิว (Surface wiring)

เป็นวิธีการเดินสายที่นิยมใช้กันทั่วไปตามบ้านพักอาศัย การจับยึดสายจะอาศัยเข็มขัดรัดสาย (Clip) เป็นตัวยึด วิธีนี้จะใช้เดินสายภายในอาคาร ยกเว้น อาคารชุด อาคารสูง หรืออาคารขนาดใหญ่เป็นพิเศษ และในโรงมหรสพ สายที่ใช้กับเข็มขัดรัดสายจะเป็นสาย VAF (มอก.11-2531 ตารางที่

2) โดยมีข้อกำหนดในการใช้ตามที่การไฟฟ้านครหลวงกำหนดดังนี้

1. การเดินสายผ่านผนังหรือสิ่งก่อสร้าง ต้องมีการป้องกันความเสียหายเนื่องจากฉนวนหรือเปลือกนอกถูกบาดด้วยส่วนที่แหลมคม
2. สิ่งจับยึดต้องทำด้วยวัสดุที่เมื่อติดตั้งแล้วไม่ทำให้ฉนวนของสายชำรุด และระยะห่างระหว่างจุดจับยึดไม่เกิน 20 เซนติเมตร
3. การต่อและการต่อแยกให้กระทำในกล่องต่อสำหรับงานไฟฟ้าเท่านั้น
4. ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าให้เป็นไปตามตารางที่ 8 และไม่ต้องใช้ตัวฉนวนค่าเพื่อลดขนาดกระแส เนื่องจากมีตัวนำหลายตัว

5. การติดตั้งในเรียงสายเป็นชั้นเดียว ห้ามเรียงซ้อนกัน

6. ไม่อนุญาตให้ใช้การเดินสายบนผิวในกรณีต่อไปนี้

6.1 ในบริเวณที่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพ

6.2 ในสถานที่อันตราย นอกจากจะระบุนำไว้เป็นอย่างอื่นในเรื่องนั้น

6.3 ในวงจรไฟฟ้าระบบแรงดันสูง

ตารางที่ 8

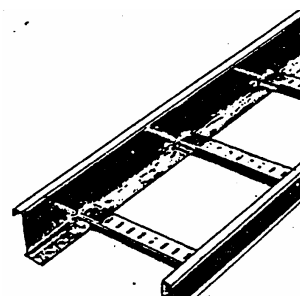
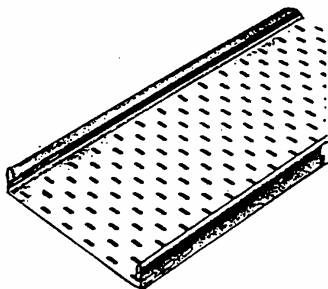
ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวน PVC ที่ผลิตตาม มอก.11-2531 อุณหภูมิตัวนำ 70 °C

ขนาดแรงดัน 300 และ 750 โวลต์ อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C

สายแบบหุ้มฉนวนมีเปลือก เดินเกาะผนัง

ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)
0.5	8
1	11
1.5	15
2.5	20
4	27
6	35
10	50
16	66
25	89
35	110

3.3.4. การเดินสายในรางเดินสาย (Cable trays)



รางเคเบิลแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ

1. รูปแบบชั้นบันได
2. รูปแบบมีช่องระบายอากาศ
3. รูปแบบด้านล่างทึบ ต่างจากแบบที่ 2 คือข้างล่างทึบ

รางเคเบิลส่วนใหญ่ไม่มีฝาปิด แต่ในการใช้งานบางสถานที่อาจจะกำหนดให้มีฝาปิดก็ได้ รางเคเบิลที่นิยมใช้กันมากจะเป็นแบบที่ 1 และ 2 ตามรูป

1. สายไฟฟ้าที่ใช้วางบนรางเคเบิล ต้องมีลักษณะเป็นไปตามหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

- 1.1 เป็นสายชนิด MI, MC และ Armored cable
- 1.2 สายเคเบิลมีเปลือกนอก ขนาดไม่เล็กกว่า 50 ตร.มม.
- 1.3 สายหลายแกนทุกขนาด
- 1.4 สายควบคุมต่างๆ (Control cable)
- 1.5 สายแกนเดี่ยวชนิดไม่มีเปลือกนอก ขนาดไม่เล็กกว่า 50 ตร.มม. แต่ใช้เฉพาะกับรูปแบบชั้นบันได และรูปแบบมีช่องระบายอากาศ และต้องใช้งานอุตสาหกรรม ที่มีผู้ดูแลรับผิดชอบ โดยเฉพาะเท่านั้น

2. การติดตั้งรางเคเบิล มีข้อกำหนดดังนี้

- 2.1 รางเคเบิลต้องยาวต่อเนื่องตลอดทั้งทางกล และทางไฟฟ้า
- 2.2 สายที่ติดตั้งบนรางเคเบิลเมื่อเดินแยกเข้าท่อสายอื่นต้องจับยึดให้มั่นคง
- 2.3 ห้ามติดตั้งสายไฟฟ้าระบบแรงดันต่ำ ร่วมกับสายไฟฟ้าระบบแรงดันสูง ในรางเคเบิลเดียวกัน ยกเว้น เมื่อมีแผงกั้นที่แข็งแรง และไม่ติดไฟ
- 2.4 รางเคเบิลต้องติดตั้งในที่เปิดเผยและเข้าถึงได้ และมีที่ว่างเพียงพอที่จะปฏิบัติงานในการบำรุงรักษาสายไฟฟ้าในรางเคเบิลได้
- 2.5 สายเคเบิลแกนเดี่ยว สายเส้นไฟและสายเส้นศูนย์ของแต่ละวงจร ต้องเดินรวมกันเป็นกลุ่ม และสายต้องมัดเข้าด้วยกัน เพื่อป้องกันกระแสไม่สมดุล เนื่องจากการเหนี่ยวนำ และป้องกันการเคลื่อนตัวอย่างรุนแรงเมื่อเกิดกระแสลัดวงจร
- 2.6 การต่อสายในรางเคเบิลต้องทำให้ถูกต้องตรงตามวิธีการต่อสาย จุดต่อสายต้องอยู่ภายในรางเคเบิล และต้องไม่สูงเกินขอบด้านข้างของรางเคเบิล



สายเคเบิลต้องมัดเข้ากับรางเคเบิล

3. จำนวนสายเคเบิลระบบแรงตํ่ามีวางบนรางเคเบิล จะต้องไม่เกินตามที่กำหนดดังนี้

3.1 สายเคเบิลหลายแกน จำนวนสายเป็นไปดังนี้

3.1.1 สำหรับรางแบบบันได หรือรางแบบมีช่องระบายอากาศ จำนวนสายเคเบิลหลายแกนต้องเป็นดังนี้

ก) สายเคเบิลขนาดตั้งแต่ 95 ตร.มม. ขึ้นไป ผลรวมของเส้นผ่าศูนย์กลางรวมฉนวนและเปลือกของสายทั้งหมด ต้องไม่เกินขนาดความกว้างของรางเคเบิล และอนุญาตให้วางเรียงกันเพียงชั้นเดียวเท่านั้น ห้ามวางซ้อนทับกัน

ข) สายเคเบิลที่มีขนาดเล็กกว่า 95 ตร.มม. ผลรวมพื้นที่หน้าตัดรวมฉนวนและเปลือกของสายต้องไม่เกินพื้นที่สูงสุดที่ยอมให้วางสายได้ตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 9 ช่องที่ 1

ค) สายเคเบิลที่มีขนาดตามข้อ ก.) และ ข.) รวมกัน ผลรวมพื้นที่หน้าตัดรวมฉนวนและเปลือกของสายที่มีขนาดเล็กกว่า 95 ตร.มม. ทั้งหมดต้องไม่เกินพื้นที่สูงสุดที่ยอมให้วางสายได้ตามที่กำหนดเอาไว้ในตารางที่ 9 ช่องที่ 2 และสายเคเบิลที่มีขนาดตั้งแต่ 95 ตร.มม. ขึ้นไป ต้องวางเรียงกันโดยไม่มีสายอื่นมาซ้อนทับ

ตารางที่ 9

**พื้นที่หน้าตัดสูงสุดสำหรับวางเคเบิลหลายแกนของรางเคเบิลบันได
แบบรางมีช่องระบายอากาศหรือแบบด้านล่างทึบ สำหรับเคเบิลแรงต่ำ**

ความกว้างภายใน ของรางเคเบิล (ซม.)	รางเคเบิลแบบบันไดหรือ แบบรางมีช่องระบายอากาศ		รางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ	
	ช่องที่ 1 (ตร.ซม.)	ช่องที่ 2 (ตร.ซม.)	ช่องที่ 3 (ตร.ซม.)	ช่องที่ 4 (ตร.ซม.)
15	45	45-(3.05sd)**	35	35-(2.54sd)**
30	90	90-(3.05sd)	70	70-(2.54sd)
45	135	135-(3.05sd)	105	105-(2.54sd)
60	180	180-(3.05sd)	140	140-(2.54sd)
75	225	225-(3.05sd)	175	175-(2.54sd)
90	270	270-(3.05sd)	210	210-(2.54sd)

หมายเหตุ

sd หมายถึงผลรวมของเส้นผ่าศูนย์กลางรวมฉนวนและเปลือกของสายเคเบิลหลายแกน ทุกเส้นที่มีขนาด 95 ตร.มม. ขึ้นไป มีหน่วยเป็นเซนติเมตร ซึ่งคิดตั้งรวมกับสายเคเบิลขนาดเล็กกว่าในรางเคเบิลเดียวกัน

ง) สายเคเบิลหลายแกนที่เป็นสายสัญญาณและ/หรือสายควบคุม ที่วางในรางเคเบิลแบบบันได หรือแบบรางมีช่องระบายอากาศ ผลรวมพื้นที่หน้าตัดรวมฉนวนและเปลือกของสายทั้งหมดต้องไม่เกินร้อยละ 50 ของพื้นที่ภาคตัดขวางภายในของรางเคเบิล สำหรับรางเคเบิลที่มีความลึกมากกว่า 15 ซม. ให้ใช้ค่าความลึก 15 ซม. ในการคำนวณ พื้นที่ภาคตัดขวาง

3.1.2 รางแบบด้านล่างทึบ จำนวนสายเคเบิลหลายแกนต้องเป็นดังนี้

ก) สายเคเบิลที่มีขนาดตั้งแต่ 95 ตร.มม. ขึ้นไป ผลรวมของเส้นผ่าศูนย์กลางรวมฉนวนและเปลือกของสายทั้งหมดรวมกันแล้วต้องไม่เกินร้อยละ 90 ของขนาดความกว้างภายในของรางเคเบิล และอนุญาตให้วางเรียงกันได้เพียงชั้นเดียว ห้ามวางเรียงซ้อนกัน

ข) สายเคเบิลที่มีขนาดเล็กกว่า 95 ตร.มม. ผลรวมของพื้นที่หน้าตัดรวมฉนวนและเปลือกของสายเคเบิลต้องไม่มากกว่า พื้นที่สูงสุดที่ยอมให้วางสายได้ตามที่กำหนดในตารางที่ 9 ช่องที่ 3

ค) สายเคเบิลที่มีขนาดตามข้อ ก) และ ข) รวมกัน ผลรวมพื้นที่หน้าตัดรวมฉนวนและเปลือกของสายที่มีขนาดเล็กกว่า 95 ตร.มม. ทั้งหมดต้องไม่เกินพื้นที่สูงสุดที่ยอมให้วางสายได้ตามที่กำหนดเอาไว้ในตารางที่ 9 ช่องที่ 4 และสายเคเบิลที่มีขนาดตั้งแต่ 95 ตร.มม. ขึ้นไป ต้องวางเรียงกันโดยไม่มีสายอื่นมาซ้อนทับ

ง) สายเคเบิลหลายแกนที่เป็นสายสัญญาณและ/หรือสายควบคุม ที่วางในรางเคเบิลแบบแบนได หรือแบบรางมีช่องระบายอากาศ ผลรวมพื้นที่หน้าตัดรวมฉนวนและเปลือกของสายทั้งหมดต้องไม่เกินร้อยละ 40 ของพื้นที่ภาคตัดขวางภายในของรางเคเบิล สำหรับรางเคเบิลที่มีความลึกมากกว่า 15 ซม. ให้ใช้ค่าความลึก 15 ซม. ในการคำนวณ พื้นที่ภาคตัดขวาง

3.2 สายเคเบิลแกนเดี่ยว สายชนิดนี้ให้วางในรางเคเบิลแบบแบนไดและรางแบบมีช่องระบายอากาศเท่านั้น ห้ามใช้วางบนรางเคเบิลแบบด้านล่างที่บีบ จำนวนสายเคเบิลแกนเดี่ยวเป็นไปตามนี้

3.2.1 สายเคเบิลที่มีขนาดตั้งแต่ 400 ตร.มม. ขึ้นไป ผลรวมของเส้นผ่าศูนย์กลางรวมฉนวนและเปลือก ต้องไม่เกินขนาดความกว้างภายในของรางวางสาย

3.2.2 สายเคเบิลที่มีขนาดระหว่าง 120 – 300 ตร.มม. ผลรวมของพื้นที่หน้าตัดรวมฉนวนและเปลือกของสาย ต้องไม่มากกว่าพื้นที่สูงสุดที่ยอมให้วางสายได้ตามที่กำหนดในตารางที่ 10 ช่องที่ 1

3.2.3 สายเคเบิลที่มีขนาดตั้งแต่ 400 ตร.มม. ขึ้นไป วางรวมกับสายเคเบิลที่มีขนาดเล็กกว่า 400 ตร.มม. ผลรวมพื้นที่หน้าตัดรวมฉนวนและเปลือกของสายที่มีขนาดเล็กกว่า 400 ตร.มม. ทั้งหมดต้องไม่มากกว่าพื้นที่สูงสุดที่ยอมให้วางสายได้ตามที่กำหนดในตารางที่ 10 ช่องที่ 2

3.2.4 สายเคเบิลที่มีขนาดตั้งแต่ 50 ตร.มม. ถึง 95 ตร.มม. ผลรวมของเส้นผ่าศูนย์กลางรวมฉนวนและเปลือกของสายทั้งหมด ต้องไม่เกินขนาดความกว้างภายในของรางวางสาย และให้วางเรียงกันได้ชั้นเดียว หรือวางเรียงกันเป็นรูปสามเหลี่ยมเท่านั้น

ตารางที่ 10

พื้นที่หน้าตัดสูงสุดสำหรับวางรางเคเบิลแกนเดียวของรางเคเบิลแบบบันได
หรือแบบรางมีช่องระบายอากาศสำหรับเคเบิลแรงต่ำ

ความกว้างภายใน ของรางเคเบิล (ซม.)	ช่องที่ 1 ใช้กับข้อ 3.2.2 เท่านั้น(ตร.ซม.)	ช่องที่ 2 * ใช้กับข้อ 3.2.3 เท่านั้น(ตร.ซม.)
15	40	40-(2.79 sd)**
30	85	85-(2.79 sd)
45	125	125-(2.79 sd)
60	165	165-(2.79 sd)
75	210	210-(2.79 sd)
90	250	250-(2.79 sd)

หมายเหตุ * พื้นที่หน้าตัดสูงสุดสำหรับวางเคเบิลในช่องที่ 2 สามารถคำนวณได้ดังนี้ เช่น รางเคเบิลมีความกว้าง 15 ซม. จะได้พื้นที่สูงสุดสำหรับสำหรับวางเคเบิลเท่ากับ 40-(2.79 sd) ตร.ซม.

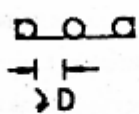
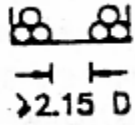
** sd หมายถึงผลรวมเส้นผ่าศูนย์กลางของเคเบิลแกนเดียวที่มีขนาด 400 ตร.มม. ขึ้นไปเป็นเซนติเมตร ซึ่งคิดรวมทั้งสายเคเบิลที่มีขนาดเล็กกว่าในรางเคเบิลเดียวกัน

4. ขนาดกระแสของสายเคเบิลแรงต่ำ

4.1 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มด้วยฉนวน PVC ซึ่งผลิตตาม มอก.11-2531 ขนาดกระแสใช้ค่าตามตารางที่ 11

ตารางที่ 11

ขนาดกระแสนของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวน ทวิวิธตาม มอก.11-2531 อุณหภูมิตัวนำ 70 องศาเซลเซียส ขนาดแรงดัน 300 และ 750 โวลต์ อุณหภูมิโดยรอบ 40 องศาเซลเซียส วางบนรางเคเบิล

ขนาดสาย (ตาราง มิลลิเมตร)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)					
	วิธีการเดินสาย (ดูหมายเหตุ 1)					
						
	ก	ข	ค	ง	จ	ฉ
1	-	-	-	-	14	13
1.5	-	-	-	-	17	16
2.5	-	-	-	-	23	22
4	-	-	-	-	31	29
6	-	-	-	-	40	38
10	-	-	-	-	56	53
16	-	-	-	-	73	69
25	-	-	-	-	100	95
35	-	-	-	-	122	116
50	167	109	143	100	147	140
70	214	139	183	128	186	177
95	268	174	230	161	231	219
120	313	203	267	188	265	252
150	363	236	308	218	307	292
185	423	275	360	254	353	335
240	508	330	432	305	424	403
300	591	443	504	414	488	464
400	696	522	593	487	-	-
500	817	613	699	572	-	-

4.2 สายไฟฟ้าชนิดอื่น การคิดขนาดของสายเคเบิล ให้คิดว่าสายเคเบิลเดินในอากาศ และไม่ต้องใช้ค่าตัวคูณลดขนาดกระแสเนื่องจากสายหลายเส้น การคิดขนาดกระแสให้ทำดังนี้

4.2.1 สายเคเบิลหลายแกน ซึ่งติดตั้งตามข้อกำหนดในข้อ 3.1 ขนาดกระแสของสายให้ใช้ตามค่าที่กำหนดเอาไว้แต่ละชนิดของสายนั้น ยกเว้น รางเคเบิลปิดตลอดด้วยฝาทึบและยาวเกิน 180 ซม. ขนาดกระแสของสายจากตารางให้ลดลงเหลือร้อยละ 95

4.2.2 สายเคเบิลแกนเดี่ยว ขนาดกระแสของสายแกนเดี่ยว หรือสายแกนเดี่ยวตีเกลียวเข้าด้วยกัน ต้องเป็นดังต่อไปนี้

ก) การติดตั้งตามข้อกำหนดในข้อ 3.2 ขนาดกระแสของสายเคเบิลแกนเดี่ยวที่มีขนาดตั้งแต่ 300 ตร.มม. ติดตั้งในรางเคเบิลแบบเปิด ให้ใช้ได้ ไม่เกินร้อยละ 75 ของขนาดกระแสที่ได้จากตาราง ถ้าเป็นรางเคเบิลปิดตลอดด้วยฝาทึบและยาวเกิน 180 ซม. ขนาดกระแสให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละ 70 ของค่าที่ได้จากตาราง

ข) การติดตั้งตามข้อกำหนดในข้อ 3.2 ขนาดกระแสของสายเคเบิลแกนเดี่ยวที่มีขนาดตั้งแต่ 50 ตร.มม.ขึ้นไป แต่น้อยกว่า 300 ตร.มม. ติดตั้งในรางเคเบิลแบบเปิด ให้ใช้ได้ ไม่เกินร้อยละ 65 ของขนาดกระแสที่ได้จากตาราง ถ้าเป็นรางเคเบิลปิดตลอดด้วยฝาทึบและยาวเกิน 180 ซม. ขนาดกระแสให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละ 60 ของค่าที่ได้จากตาราง

ค) การติดตั้งสายเคเบิลแกนเดี่ยวที่มีขนาดตั้งแต่ 50 ตร.มม. ขึ้นไป แต่ละเส้นวางห่างกันไม่น้อยกว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของสายเคเบิลเส้นที่อยู่ใกล้กัน การคิดขนาดกระแสให้ใช้ค่าที่ได้จากตารางโดยตรง

ง) การติดตั้งสายเคเบิลแกนเดี่ยวที่มีขนาดตั้งแต่ 50 ตร.มม. ขึ้นไป วางเป็นรูปแบบสามเหลี่ยม ในรางเคเบิลเปิด โดย มีระยะห่างระหว่างกลุ่มเคเบิล ไม่น้อยกว่า 2.15 เท่า ของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของสายเคเบิล การคิดขนาดกระแสให้ใช้ค่ากระแสของสายเคเบิลที่ตีเกลียวเดินในอากาศ

5. จำนวนสายเคเบิลในระบบแรงดันสูงในรางเคเบิล

ผลรวมของเส้นผ่าศูนย์กลางของสายเคเบิลแกนเดี่ยวและหลายแกน ทั้งหมดรวมกันแล้วต้องไม่เกินความกว้างของรางเคเบิล การวางเคเบิลยอมให้มีการวางเพียงชั้นเดียวเท่านั้น ห้ามวางซ้อนหรือเกยกัน ในที่ซึ่งสายเคเบิลแกนเดี่ยวเป็นชนิดตีเกลียวเข้าด้วยกัน หรือมัดรวมเข้าด้วยกันเป็นกลุ่มๆ ระวัง ผลรวมของเส้นผ่าศูนย์กลางของสายเคเบิลแกนเดี่ยวและหลายแกน ทั้งหมดรวมกันแล้วต้องไม่เกินความกว้างของรางเคเบิล การวางเคเบิลยอมให้มีการวางเพียงชั้นเดียวเท่านั้น

6. ขนาดกระแสของสายเคเบิลระบบแรงดันสูง

6.1 สายเคเบิลหลายแกน ขนาดกระแสให้ใช้ตามค่าที่กำหนดเอาไว้ในตารางการเดินสายหลายแกนในอากาศ โดยมีข้อยกเว้นดังนี้

6.1.1 สายเคเบิลหลายแกนที่ถูกติดตั้งในรางเคเบิลที่ปิดตลอดด้วยฝาปิดที่บียวเกิน 180 ซม. ขนาดกระแสของสายจากตารางให้ลดลงเหลือร้อยละ 95

6.1.2 สายเคเบิลหลายแกนติดตั้งในรางเคเบิลที่ไม่มีฝาปิดที่บียวเกิน 180 ซม. ปิดอยู่ และสายเคเบิลแต่ละเส้นอยู่ห่างกันไม่น้อยกว่าขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของสายเคเบิลเส้นที่อยู่ใกล้กัน การคิดขนาดกระแส ขอมให้ใช้ค่าที่ได้จากตาราง

6.2 สายเคเบิลแกนเดี่ยว ขนาดกระแสของสายเคเบิลแกนเดี่ยว หรือสายเคเบิลแกนเดี่ยวดีเกลียวเข้าด้วยกัน ต้องเป็นดังต่อไปนี้

6.2.1 ขนาดกระแสของสายเคเบิลแกนเดี่ยวขนาดตั้งแต่ 50 ตร.มม. ขึ้นไป ติดตั้งในรางเคเบิลแบบเปิด ให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละ 75 ของขนาดกระแสที่ได้จากตารางการเดินสายในอากาศ ถ้าเป็นรางเคเบิลแบบปิดตลอดด้วยฝาที่บียวเกิน 180 ซม. ขนาดกระแสให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละ 70 ของขนาดกระแสที่ได้จากตาราง

6.2.2 การติดตั้งสายเคเบิลแกนเดี่ยวที่มีขนาดตั้งแต่ 50 ตร.มม. ขึ้นไป แต่ละเส้นวางห่างกันไม่น้อยกว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของสายเคเบิลเส้นที่อยู่ใกล้กัน การคิดขนาดกระแสให้ใช้ค่าที่ได้จากตารางโดยตรง

7. การเดินสายที่อนุญาต การเดินสายในรางเคเบิล ให้ทำได้เท่าที่กำหนดเอาไว้ในเรื่องนั้น

8. การต่อลงดิน รางเคเบิลต้องต่อลงดิน ตามที่กำหนดในเรื่องการต่อลงดิน

3.3.5 การติดตั้งใต้ดิน (Underground installation)

การเดินสายไฟฟ้าใต้ดินมี 2 วิธี คือการเดินในท่อร้อยสายไฟฟ้าแล้วฝังดิน หรือใช้สายไฟฟ้าฝังดินได้โดยตรงเลย ในกฎการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า กำหนดการติดตั้งเอาไว้ดังนี้

1. เคเบิลฝังดินโดยตรง หรือร้อยอยู่ในท่อร้อยสายไฟฟ้า ความลึกในการติดตั้งไม่น้อยกว่าที่กำหนดเอาไว้ในตารางที่ 12 แต่ถ้าเป็นบริเวณที่มีรถยนต์วิ่งผ่าน ความลึกในการติดตั้งต้องไม่น้อยกว่า 60 ซม. ในทุกแบบการติดตั้ง การติดตั้งที่มีแผ่นคอนกรีตปิดหุ้ม ต้องเป็นแผ่นคอนกรีตหนาไม่น้อยกว่า 5 ซม.

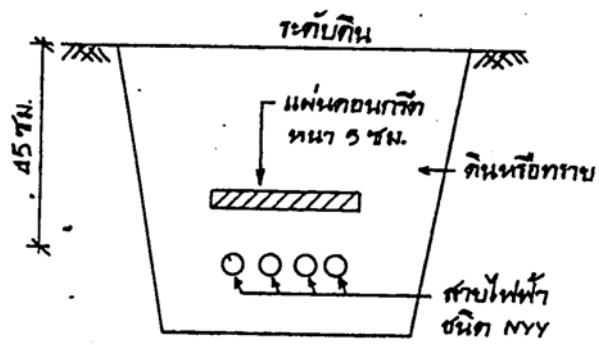
ตารางที่ 12

ความลึกในการติดตั้งใต้ดินของสายแรงดันต่ำ

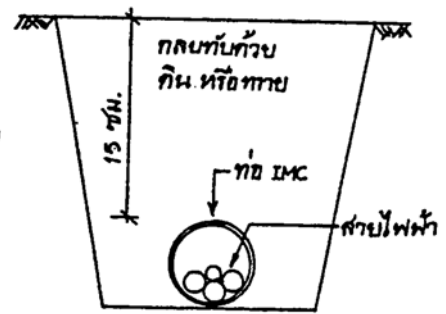
วิธีการเดินสาย	ความลึกน้อยสุด (ซม.)	
	ไม่มีแผ่นคอนกรีตกัน	มีแผ่นคอนกรีตกัน
เคเบิลฝังดินโดยตรง	60	45
ท่อโลหะหนา	15	15
ท่อโลหะหนาปานกลาง	15	15
ท่อโลหะซึ่งได้รับการรับรองให้ฝังดินโดยไม่ต้องมีคอนกรีตหุ้ม	45	30
ท่อสายอื่นๆ ซึ่งได้รับความเห็นชอบจากการไฟฟ้านครหลวง	45	30

หมายเหตุ ท่อสายที่ได้รับการรับรองให้ฝังดินโดยไม่ต้องมีคอนกรีตหุ้มหนาไม่น้อยกว่า 5 ซม.

2. เคเบิลใต้ดินที่ติดตั้งภายใต้อาคาร ต้องติดตั้งในท่อสาย และท่อสายต้องยาวเลยผนังด้านนอกของอาคารออกไป
3. สายที่โผล่ขึ้นจากดินต้องมีการป้องกันด้วยสิ่งห่อหุ้ม หรือท่อสายซึ่งฝังจมลึกลงไปใต้ดินตามที่กำหนดในข้อ 1 และส่วนที่โผล่เหนือพื้นต้องไม่น้อยกว่า 1.80 เมตร
4. การต่อสายหรือต่อแยก ให้เป็นไปตามที่กำหนดเอาไว้แต่ละวิธีการเดินสาย สำหรับสายเคเบิลที่อยู่ใต้ดินที่อยู่ในราง (Trench) อนุญาตให้มีการต่อสาย หรือต่อแยกสายในรางได้ แต่การต่อและการต่อแยกต้องทำด้วยวิธี และใช้วัสดุที่ได้รับการรับรองแล้ว
5. ห้ามใช้วัสดุที่มีคม หรือเป็นสิ่งที่ทำให้ผู้ร่อน หรือมีขนาดใหญ่กลบสาย หรือท่อสาย
6. ท่อสายซึ่งมีความเปื่อยขึ้น สามารถผ่านเข้าไปสัมผัสกับส่วนที่มีไฟฟ้าได้ ต้องอุดที่ปลายข้างใดข้างหนึ่ง หรือทั้งสองปลายตามความเหมาะสม
7. ปลายท่อซึ่งฝังอยู่ในดิน ณ จุดที่สายเคเบิลออกจากท่อ ต้องมีบุชซึ่ง อนุญาตให้ใช้ Shielding ที่มีคุณสมบัติในทางป้องกันเทียบเท่ากับ Bushing แทน Bushing ได้



รูปตัวอย่างการเดินสายฝังดินโดยวาง



รูปตัวอย่างการเดินสายในท่อ IMC

บทที่ 4

การต่อลงดิน

การต่อลงดินหรือการต่อ Ground มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดกับตัวบุคคล และลดความเสียหายของอุปกรณ์ไฟฟ้าและระบบไฟฟ้า การต่อลงดินจะทำหน้าที่หลักๆ คือ

1. จำกัดแรงดันของไฟฟ้าของวงจรไม่ให้สูงจนอาจทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเสียหายได้เมื่อเกิดแรงดันเกิน และลดแรงดันไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นที่เครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า หรือส่วนประกอบ เนื่องจากการรั่ว หรือเกิดการเหนี่ยวนำเพื่อลดอันตรายต่อบุคคลที่อาจไปสัมผัส

2. ลดความเสียหายของอุปกรณ์ไฟฟ้า หรือระบบไฟฟ้าเมื่อเกิดกระแสไฟฟ้ารั่วลงดิน การต่อลงดินที่ถูกต้องจะช่วยให้เครื่องป้องกันทำงานได้ตามที่ได้ออกแบบเอาไว้

การต่อลงดินโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น

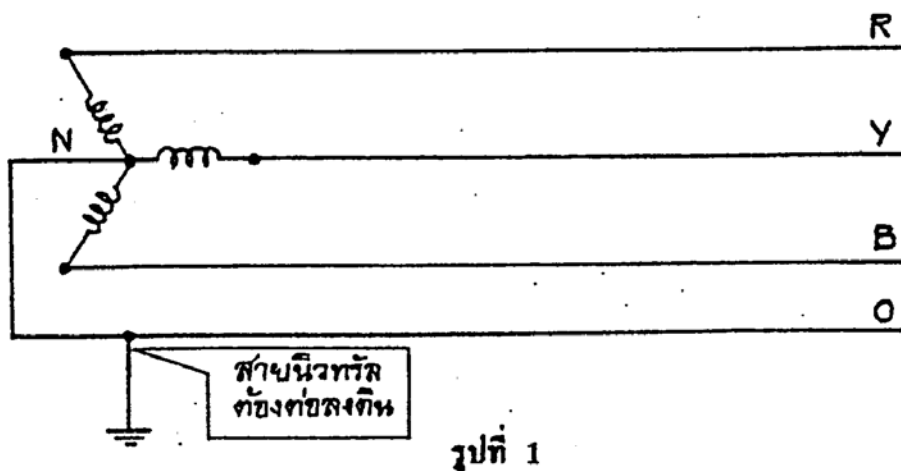
1. การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า (System grounding)
2. การต่อลงดินของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า (Equipment grounding)
3. การต่อลงดินของระบบป้องกันฟ้าผ่า

4.1 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า

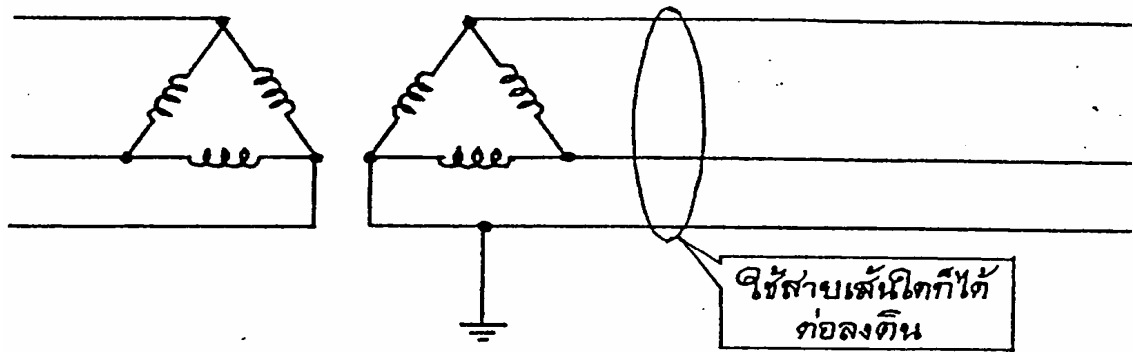
การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าและการต่อลงดินของอุปกรณ์ไฟฟ้า จะมีทั้งที่บังคับให้ต้องลงดิน ห้ามต่อลงดิน และจะต่อลงดินหรือไม่ก็ได้ การไฟฟ้านครหลวงได้กำหนดหลักเกณฑ์การต่อลงดินเอาไว้ดังนี้

4.1.1 ระบบไฟฟ้าแรงต่ำต่อไปนี้จะต้องต่อลงดิน

1) เป็นระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย ซึ่งสายนิวทรัล (Neutral) ใช้เป็นสายเส้นหนึ่งของวงจรด้วย กรณีให้ใช้สายนิวทรัลเป็นสายต่อลงดิน ตามรูปที่ 1



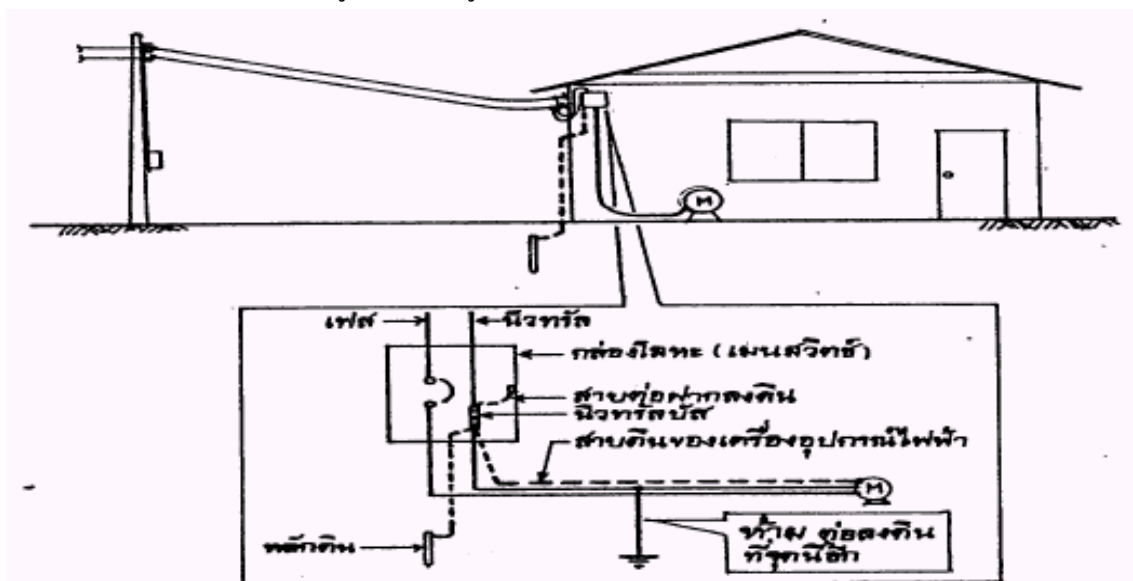
2) เป็นระบบไฟฟ้า 3 เฟส 3 สาย ใช้สายเฟสใดก็ได้ต่อลงดิน ตามรูปที่ 2



รูปที่ 2

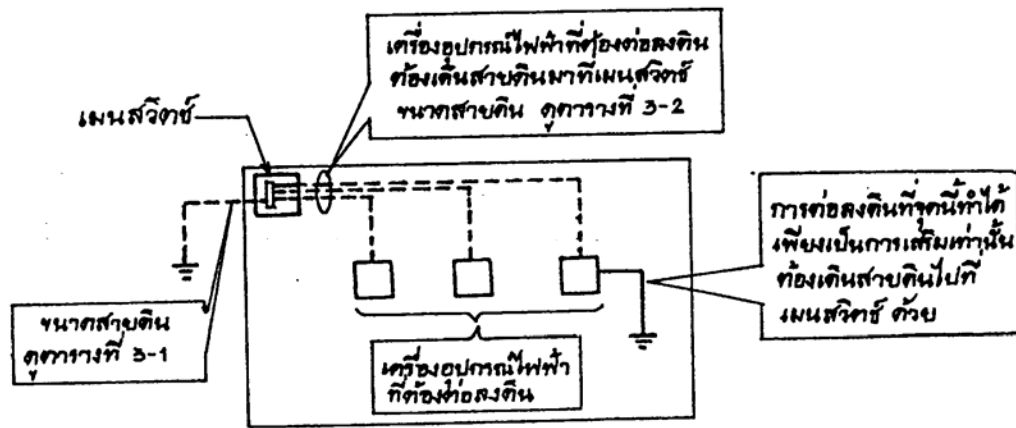
4.1.2 วงจรและระบบไฟฟ้าที่ห้ามต่อลงดิน ได้แก่ วงจรของปั้นจั่นที่ใช้งานอยู่เหนือวัสดุเส้นใยที่อาจเกิดการลุกไหม้ได้ ซึ่งอยู่ในสถานที่อันตราย เนื่องจากการต่อลงดินอาจจะทำให้เกิดประกายไฟได้ เมื่อเกิดกระแสรั่วลงดิน กรณีนี้การต่อลงดินอาจจะทำให้เกิดอันตรายได้มากกว่า และอีกอย่างปั้นจั่นมักจะอยู่ในที่สูงๆ โอกาสที่บุคคลจะไปสัมผัสและเกิดอันตรายจึงมีน้อย จึงห้ามต่อลงดิน

4.1.3 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร ผู้ขอใช้ไฟฟ้าที่รับไฟฟ้าแรงต่ำ การต่อลงดินต้องกระทำที่เมนสวิตช์ การต่อลงดินโดยต่อที่หลักดิน (Ground rod) นี้จะทำเฉพาะที่เมนสวิตช์เท่านั้น ทางด้านไฟออกของเมนสวิตช์นี้ห้ามต่อระบบไฟฟ้าในอาคารที่ลงดินอีกไม่ว่าที่จุดใดๆ แต่การต่อลงดินของอุปกรณ์ไฟฟ้าเพิ่มเติมสามารถกระทำได้ อย่างไรก็ดีตามต้องเดินสายดินไปยังเมนสวิตช์ด้วยเช่นกัน ดังแสดงเอาไว้ในรูปที่ 3 และรูปที่ 4



รูปที่ 3

การต่อลงดินที่เมนสวิตช์

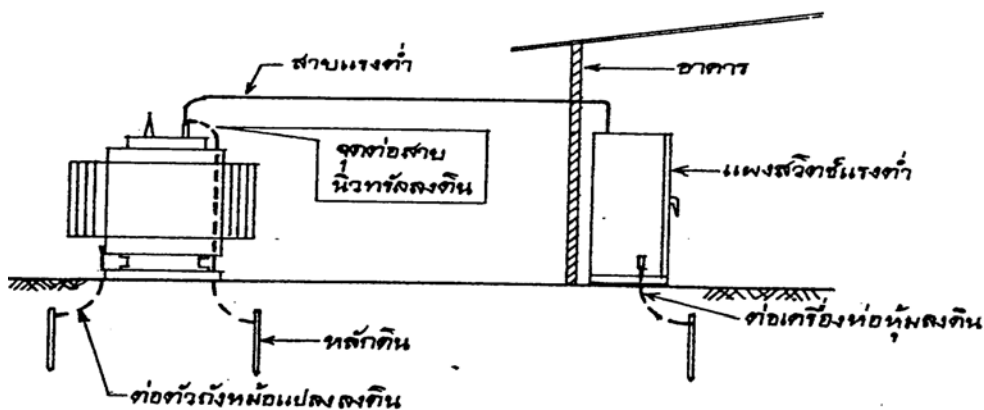


รูปที่ 4

การต่อลงดินของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าที่บังคับให้ต่อลงดิน
(แสดงเฉพาะสายดิน)

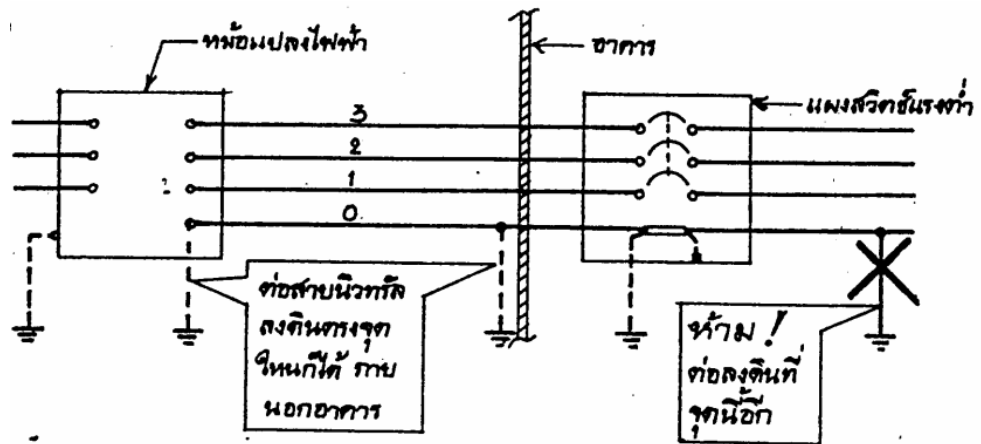
สายเมนที่มีการต่อลงดินนี้ ต้องเดินไปที่เมนสวิตช์รวมไปกับสายเส้นไฟและต่อฝากเข้ากับเมนสวิตช์ ซึ่งที่เมนสวิตช์จะมีการต่อลงดินดังกล่าวแล้ว สายเส้นนี้ต้องเดินรวมไปกับสายเส้นเฟส มีขนาดตามที่กำหนดในตารางที่ 1 ถ้าสายเส้นเฟสมีขนาดโตกว่า 500 ตร.มม.สายเส้นที่มีการต่อลงดินนี้จะต้องโตไม่เล็กกว่าร้อยละ 12.5 ของสายเส้นเฟส

ผู้ใช้ไฟฟ้าที่รับไฟแรงสูงมาจากการไฟฟ้านครหลวง ซึ่งต้องมีการติดตั้งหม้อแปลง ทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงต้องต่อลงดิน โดยต่อสายทางด้านแรงต่ำลงดินด้วย ถ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงเป็นระบบบวช ก็ต่อสายนิวทรัลลงดิน แต่ถ้าเป็นระบบเซลล์ ให้เลือกสายเฟสใดก็ได้เส้นหนึ่งต่อลงดิน สายเส้นที่ต่อลงดินนี้ต้องเดินไปที่เมนสวิตช์แรงต่ำด้วย ถ้าหม้อแปลงอยู่ภายนอกอาคาร ให้ต่อลงดินที่หม้อแปลงและที่เมนสวิตช์ไฟฟ้าแรงต่ำด้วย ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5

การต่อลงดินเมื่อหม้อแปลงไฟฟ้าอยู่ภายนอกอาคาร

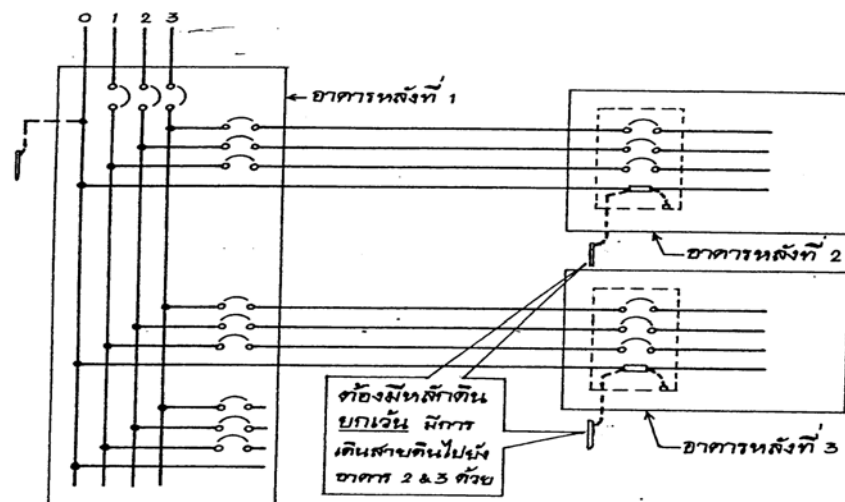


รูปที่ 6

วงจรแสดงการต่อลงดินรูปที่ 5

บางทีผู้ใช้ไฟฟ้าประสงค์จะใช้ระบบไฟฟ้าด้วยการต่อผ่านหม้อแปลง ที่ไม่มีการต่อลงดิน เพื่อจุดประสงค์บางอย่างของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าบางประเภท ในกรณีเช่นนี้ระบบไฟฟ้านี้ไม่ต้องต่อลงดินก็ได้

ถ้ามีเมนสวิตช์ชุดเดียว แต่จ่ายให้อาคารหลายหลังซึ่งแยกจากกันอย่างชัดเจน ที่เมนสวิตช์ต้องต่อลงดิน และแต่ละอาคารจะต้องมีหลักดินเพื่อต่อระบบไฟฟ้าลงดิน รวมทั้งเครื่องหล่อหุ้มเครื่องปลดวงจรประจำอาคารด้วย ยกเว้น อาคารขนาดเล็กมีวงจรย่อยเพียงชุดเดียวซึ่งไม่ได้จ่ายไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน ดังรูปที่ 7

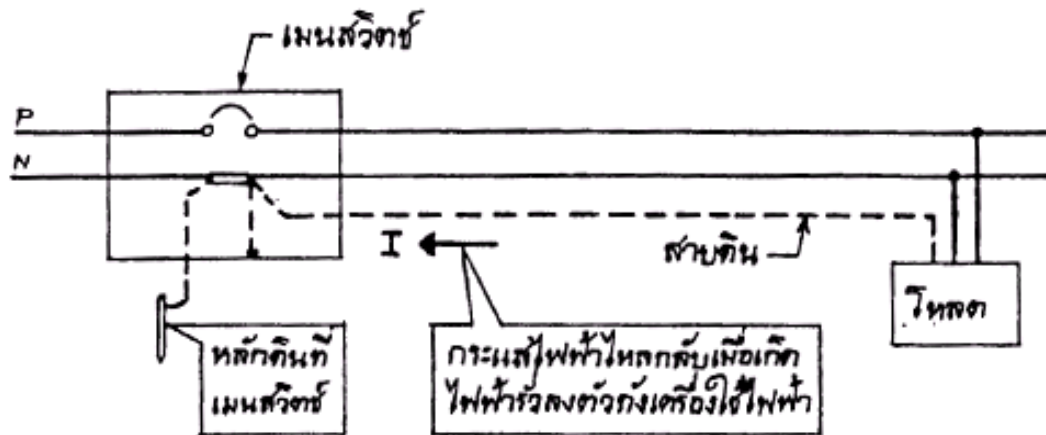


รูปที่ 7

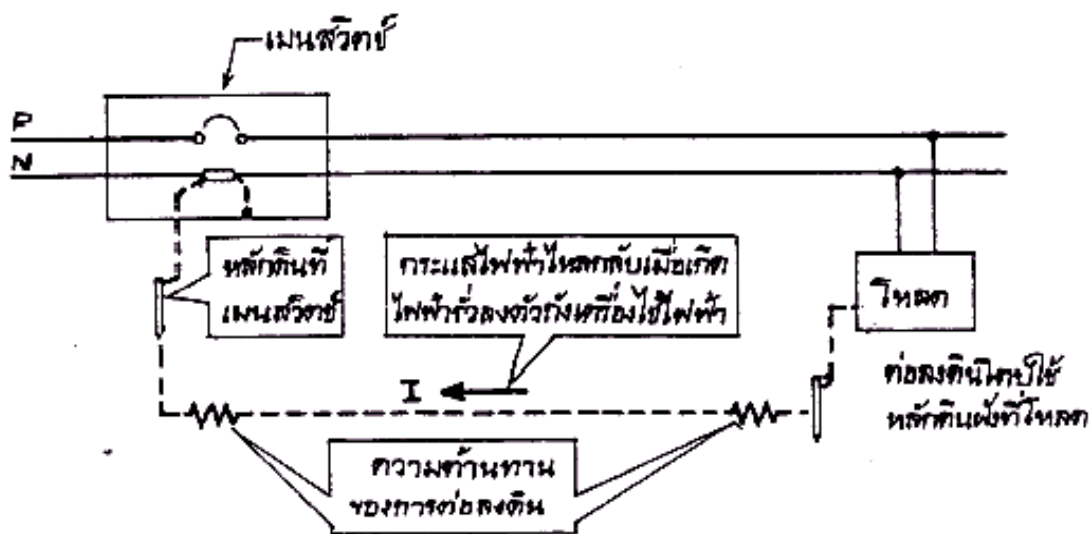
เมนสวิตช์ชุดเดียวจ่ายให้อาคารมากกว่าหนึ่งหลัง

4.2 การต่อลงดินของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า

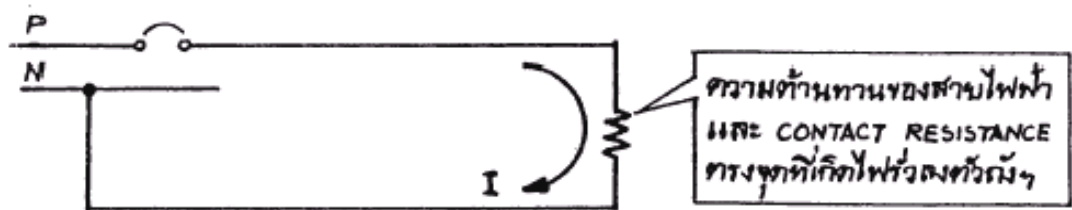
การไฟฟ้านครหลวงและ NEC กำหนดให้เดินสายดินที่ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าไปต่อลงดินที่เมนสวิตช์ เพื่อให้เครื่องป้องกันกระแสเกินทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ออกแบบเอาไว้ ดังรูปที่ 8ก – 8ง



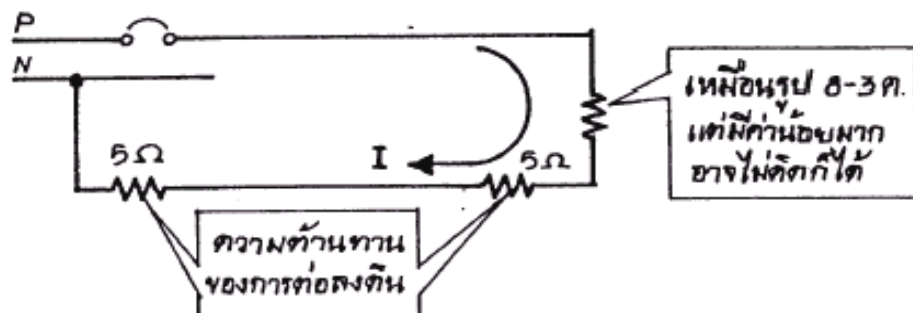
รูปที่ 8 ก
การเดินสายดินไปที่เครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า



รูปที่ 8 ข
แสดงการต่อลงดินโดยการติดตั้งหลักดินที่โหม่ง



รูปที่ 8 ก



รูปที่ 8 ง

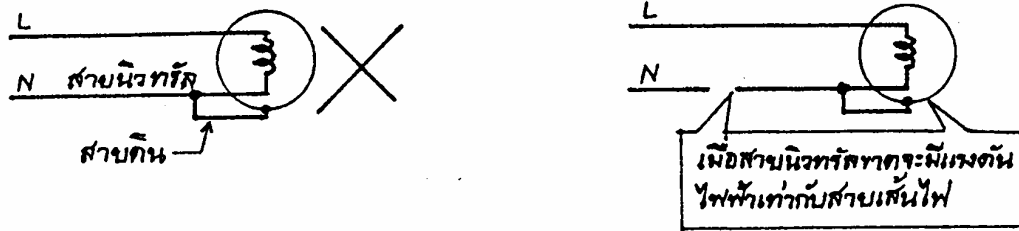
ในรูปที่ 8ก เมื่อเกิดไฟฟ้ารั่วลงตัวถังของอุปกรณ์ไฟฟ้า กระแสจำนวนมากจะไหลลงวงจรผ่านทางสายดิน เนื่องจากมีความต้านทานต่ำที่สุด ซึ่งสามารถเขียนเป็นวงจรไฟฟ้าได้ดังรูปที่ 8ค และรูปที่ 8ข จะเขียนเป็นวงจรไฟฟ้าได้ตามรูปที่ 8ง

จากวงจรตามรูปที่ 8ง สมมติว่าความต้านทานระหว่างหลักดินกับดินมีค่าเท่ากับ 5 โอห์ม (ค่าสูงสุดที่การไฟฟ้านครหลวงกำหนดไว้) และถ้าวงจรนี้ใช้กับระบบไฟฟ้า 220 โวลต์ จะคำนวณหากระแสรั่วไหลลงดินได้ดังนี้

$$\begin{aligned} I &= E/R \\ &= 220 / (5+5) \\ &= 22 \quad \text{แอมแปร์} \end{aligned}$$

จะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าอาจมีค่าน้อยมากๆ จนเครื่องปลดวงจรไม่ทำงาน หรือทำงานได้ช้ามากกว่าที่ออกแบบเอาไว้ สำหรับรูปที่ 8ค จะเห็นว่าค่าความต้านทานปกติมีค่าน้อยมาก จึงมีกระแสไหลในวงจรสูงมาก จึงทำให้เครื่องปลดวงจรทำงานทันทีที่มีกระแสรั่วไหลลงดิน

การต่อลงดินของอุปกรณ์ไฟฟ้าต้องเดินสายดินไปยังเมนสวิตช์ ห้ามต่อจากเปลือกหรือตัวถังโลหะของอุปกรณ์ไฟฟ้าลงดิน โดยการต่อเข้ากับสายเส้นศูนย์โดยเด็ดขาด เพราะถ้าสายดังกล่าวขาดจะทำให้เปลือกหรือตัวถังซึ่งเป็นโลหะของอุปกรณ์ไฟฟ้าจะมีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับสายเส้นที่มีไฟฟ้าซึ่งอาจจะเป็นอันตรายต่อบุคคลเมื่อไปสัมผัสเข้าดังรูปที่ 9



รูปที่ 9

เครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน

- 1) เครื่องห่อหุ้มที่เป็นโลหะของสายไฟฟ้า แผงเมนสวิตช์ โคร่งและรางปั่นจั่นที่ใช้ไฟฟ้า โคร่งของตู้ลิฟต์ และลวดสลิงยกของที่ใช้ไฟฟ้า
- 2) สิ่งกันที่เป็นโลหะ รั้วโลหะ รวมทั้งเครื่องห่อหุ้มที่เป็นโลหะในระบบไฟฟ้าแรงดันสูง
- 3) เครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งประจำที่ และที่ต่ออยู่กับสายไฟฟ้าที่เดินอย่างถาวร ส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่งซึ่งปกติจะไม่มีไฟฟ้า แต่อาจจะมีไฟฟ้ารั่วถึงได้ต้องต่อลงดิน เมื่ออยู่ในสภาพดังต่อไปนี้

3.1) อยู่ห่างจากพื้นหรือโลหะที่ต่อลงดินตามแนวตั้งไม่เกิน 2.4 เมตร หรือตามแนวนอนไม่เกิน 1.5 เมตร และบุคคลอาจสัมผัสได้ ยกเว้น ถ้าการติดตั้งนั้นมีการป้องกันการสัมผัสของบุคคลได้ ก็ไม่จำเป็นต้องต่อลงดิน

3.2) มีการสัมผัสทางไฟฟ้ากับโลหะอื่น ซึ่งบุคคลอาจไปสัมผัสได้

3.3) อยู่ในสถานที่เปียก หรือชื้น และไม่ได้มีการแยกให้อยู่ต่างหาก

4) เครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดอยู่กับที่ต่อไปนี้จะต่อส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่งและปกติไม่มีกระแสไฟฟ้าลงดิน

1) โคร่งของแผงสวิตช์

2) โคร่งของมอเตอร์ชนิดติดตั้งประจำที่

3) ก่อตั้งเครื่องควบคุมการทำงานของมอเตอร์ ยกเว้น ชนิดที่ใช้สวิตช์ควบคุม และมีฉนวนรองที่ฝาสวิตช์ด้านใน

4) เครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าของลิฟต์และบันจัน

5) เครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าในอุ้งจอครด โรงมหรสพ โรงถ่ายภาพยนตร์ สถานีวิทย์และโทรทัศน์ ไม่รวมถึงโคมไฟฟ้าแบบแขวน

6) ป้ายและอุปกรณ์ประกอบที่ใช้ไฟฟ้า

7) เครื่องฉายภาพยนตร์

8) เครื่องสูบน้ำที่ใช้มอเตอร์ขับ

5) เครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้หัวเสียบ ส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่งของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งปกติไม่มีกระแสไฟฟ้า ต้องต่อลงดินถ้าอยู่ในสภาพตามข้อใดข้อหนึ่งดังต่อไปนี้

1) แรงดันไฟฟ้าเมื่อวัดเทียบกับดินเกิน 150 โวลต์ ยกเว้น มอเตอร์ที่มีการกันโครงโลหะของเครื่องใช้ไฟฟ้าทางความร้อน ซึ่งมีฉนวนกันโครงโลหะกับดินอย่างถาวรและมีประสิทธิภาพ และอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการระบุว่าเป็นฉนวน 2 ชั้น หรือเทียบเท่า เช่น เครื่องเป่าผม

2) เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในสถานที่อยู่อาศัย

2.1 ตู้เย็น ตู้แช่แข็ง ตู้น้ำเย็น เครื่องปรับอากาศ

2.2 เครื่องซักผ้า เครื่องอบผ้า เครื่องล้างจาน เครื่องสูบน้ำทิ้ง
เครื่องใช้ไฟฟ้าในตู้เย็นปลา

2.3 เครื่องมือชนิดมือถือที่ทำงานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า

2.4 เครื่องเล่นดนตรีไม้ เครื่องตัดหญ้า เครื่องขัดถูชนิดใช้น้ำ ที่ทำงาน
ด้วยมอเตอร์

2.5 ดวงโคมไฟฟ้าชนิดห้อยยกลงได้

3) เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในสถานที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย

3.1 ตู้เย็น ตู้แช่แข็ง ตู้น้ำเย็น เครื่องปรับอากาศ

3.2 เครื่องซักผ้า เครื่องอบผ้า เครื่องล้างจาน เครื่องสูบน้ำทิ้ง
เครื่องใช้ไฟฟ้าในตู้เย็นปลา

3.3 เครื่องมือชนิดมือถือที่ทำงานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า

3.4 เครื่องเล่นดนตรีไม้ เครื่องตัดหญ้า เครื่องขัดถูชนิดใช้น้ำ ที่ทำงาน
ด้วยมอเตอร์

3.5 เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในสถานที่เปียก หรือชื้น หรือบุคคลที่ใช้ยืน
อยู่บนพื้นดิน หรือโลหะ หรือทำงานอยู่ในถังโลหะ หรือหม้อน้ำ

3.6 เครื่องมือที่อาจจะนำไปใช้ในสถานที่เปียก หรือในบริเวณที่มี
การนำไฟฟ้าได้ดี

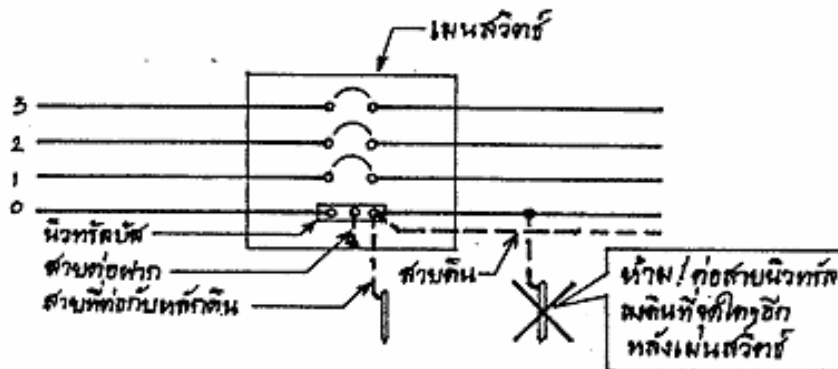
3.7 ดวงโคมไฟฟ้าชนิดห้อยยกลงได้

ข้อยกเว้นที่ 1 เครื่องมือและดวงโคมไฟฟ้าชนิดห้อยยกลงได้ ที่อาจจะนำไปใช้ในสถานที่เปียก หรือในบริเวณที่นำไฟฟ้าได้ ไม่ต้องต่อลงดิน เมื่อรับไฟฟ้าจากหม้อแปลงนิรภัย ซึ่งมีแรงดันทางด้านเอาต์พุตไม่เกิน 50 โวลต์

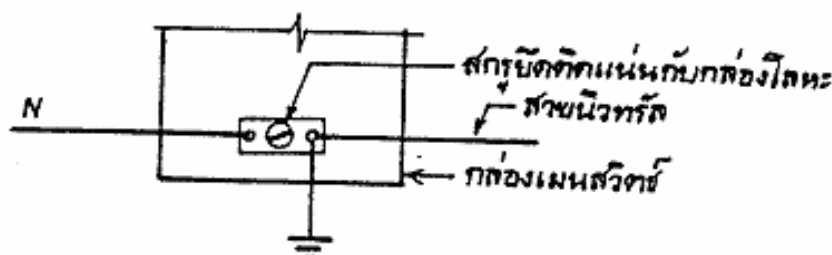
ข้อยกเว้นที่ 2 เครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ระบุว่าเป็นฉนวน 2 ชั้น หรือเทียบเท่า

4.3 การต่อลงดินที่เมนสวิตช์

การต่อลงดินในระบบไฟฟ้า(ปกติคือสายนิวทรัล) จะต้องต่อลงดินที่เมนสวิตช์ และเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าก็ต้องต่อลงดิน โดยเดินสายดินมาที่เมนสวิตช์ด้วย และต่อฝาก(Bonding) เข้ากับสายนิวทรัล ดังรูปที่ 10 ในแผงสวิตช์บางตัว นิวทรัลบัสจะยึดติดโดยตรงกับตัวกล่องของแผงสวิตช์ที่เป็นเมนสวิตช์ ซึ่งถ้าการยึดแน่นหนาพอและมีการต่อทางไฟฟ้าที่ดี ก็ไม่ต้องต่อฝากกล่องของเมนสวิตช์นี้เข้ากับนิวทรัลบัสก็ได้ ดังรูปที่ 11

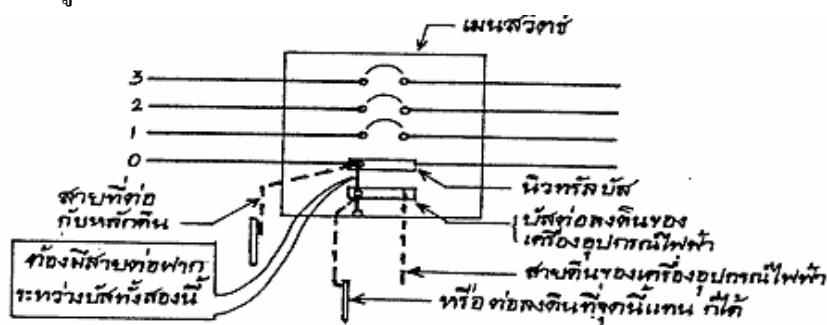


รูปที่ 10



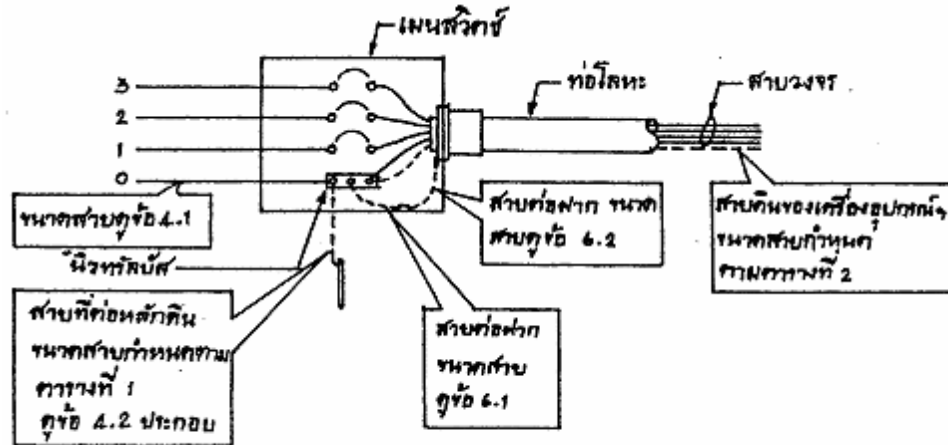
รูปที่ 11

ในแผงสวิตช์ขนาดใหญ่ อาจจะใช้นิวทรัลบัสแยกกับบัสบาร์ต่อลงดินของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า การต่อลงดินก็ต้องต่อสายที่ต่อเข้ากับหลักดินเข้ากับนิวทรัลบัส และต่อฝากบัสบาร์ต่อลงดินของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าเข้ากับนิวทรัลบัส หรือต่อสายที่ ต่อกับหลักดินเข้ากับบัสต่อลงดินของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12

4.4 การกำหนดชนิดและขนาดของสายดิน สายดิน (Grounding conductor) เป็นคำที่ใช้เรียกทั่วไป ในวงจรไฟฟ้าเราจะแบ่งสายดินออกเป็น 2 ประเภทคือ สายดินของอุปกรณ์ไฟฟ้า (Equipment grounding conductor) และสายที่ต่อกับหลักดิน (Grounding electrode conductor) ดังรูปที่ 13

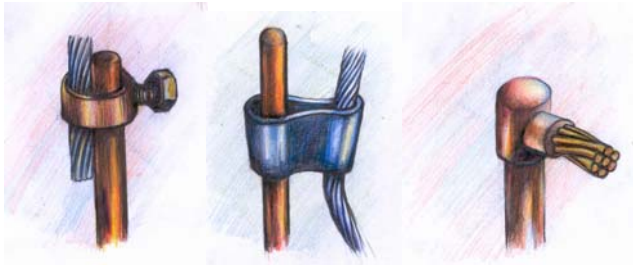


รูปที่ 13

การต่อสายดินเข้ากับหลักดินที่เมนสวิตช์

4.4.1 สายเส้นที่มีการต่อลงดิน ได้แก่สายนิวทรัลที่ต่อจากเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค หรือเส้นที่ต่อจากหม้อแปลงไฟฟ้าด้านแรงต่ำมายังแผงเมนสวิตช์แรงต่ำ ขนาดสายต้องไม่เล็กกว่าขนาดที่ระบุเอาไว้ในตารางที่ 1 และถ้าใช้สายเมนที่เป็นทองแดงขนาดมากกว่า 500 ตร.มม. สายทองแดงที่ต่อเข้ากับหลักดินจะต้องมีขนาดพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่า 12% ของสายเส้นเฟส ถ้าสายเส้นเฟสเป็นสายควบ คือมีการใช้สายมากกว่า 1 เส้นในแต่ละเฟส การคิดให้คิดจากพื้นที่หน้าตัดรวมในเฟสเดียวกัน ตามกฎการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ของการไฟฟ้านครหลวง กำหนดให้ขนาดของสายนิวทรัลในวงจรไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย ต้องสอดคล้องกับขนาดสายเมนที่เข้าอาคารด้วย ถ้าเป็นสายหุ้มฉนวนให้ใช้สายที่มีฉนวนสีเทาหรือสีขาว แต่ถ้าสายนั้นไม่มีขนาดโตกว่า 16 ตร.มม. ก็ไม่กำหนดสี

4.4.2 สายต่อหลักดิน (Grounding electrode conductor) ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าขนาดที่ระบุในตารางที่ 1 และต้องทำด้วยทองแดงเท่านั้น จะเป็นสายเดี่ยวหรือสายตีเกลียวก็ได้ แต่ต้องไม่มีการต่อระหว่างทางโดยเด็ดขาด ถ้าจะใช้บัสบาร์เป็นสายต่อกับหลักดินโดยตรงก็ได้ โดยที่บัสบาร์นั้นจะต้องทำมาจากทองแดงเท่านั้นห้ามใช้โลหะอื่น การต่อเข้ากับหลักดินแสดงดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 การต่อสายดินเข้ากับหลักดิน

ขนาดสายเมนเข้าอาคารตัวนำทองแดง (ตร.มม.)	ขนาดสายต่อหลักดินตัวนำทองแดง (ตร.มม.)
ไม่เกิน 35	10
เกิน 35 แต่ไม่เกิน 50	16
เกิน 50 แต่ไม่เกิน 95	25
เกิน 95 แต่ไม่เกิน 185	35
เกิน 185 แต่ไม่เกิน 300	50
เกิน 300 แต่ไม่เกิน 500	70
เกิน 500	95

ตารางที่ 1

ขนาดของสายต่อกับหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

สายดินของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าขนาดที่กำหนดตามตารางที่ 2 โดยกำหนดจากขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของแต่ละวงจร อาจใช้อุปกรณ์มีใช้เพื่อการเดินสายทำหน้าที่เป็นสายดินก็ได้ อุปกรณ์ดังกล่าวได้แก่

- 1) ท่อโลหะหนา
- 2) ท่อโลหะหนาปานกลาง
- 3) ท่อโลหะอ่อนที่ระบุให้ทำสายดินได้ หรือถ้าไม่กำหนดท่อนั้นจะต้องยาวไม่
เกิน 1.80 เมตร ตัวนำในท่อใช้เครื่องป้องกันกระแสเกินขนาดไม่เกิน 20
แอมแปร์ และใช้กับเครื่องประกอบซึ่งระบุใช้เพื่อการต่อลงดินเท่านั้น
- 4) เปลือกโลหะของสายเคเบิล ชนิด AC, MI, และ MC
- 5) เปลือกของบัสเวย์ ชนิดที่ระบุให้ใช้แทนสายดินได้

ในกรณีที่ เป็นโหลดขนาดใหญ่ การเดินสายไฟฟ้าไปยังโหลดอาจจำเป็นต้องใช้สายหลายชุด ต่อขนานกันและเดินแยกกันคนละท่อสาย ต้องเดินสายดินไปในทุกท่อสายด้วยเหมือนกัน และขนาดสายดินในแต่ละท่อสายอาจกำหนดจากขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินที่ใช้ป้องกันในวงจรนั้น

ตารางที่ 2

ขนาดสายดินของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า

ขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกิน (แอมแปร์)	ขนาดสายดินตัวนำทองแดง ของเครื่อง อุปกรณ์ไฟฟ้า (ตร.มม.)
≤ 15	1.5
≤ 20	4
≤ 30	6
≤ 40	6
≤ 60	6
≤ 100	10
≤ 200	16
≤ 400	25
≤ 500	35
≤ 600	50
≤ 800	50
≤ 1000	70
≤ 1200	95
≤ 1600	120
≤ 2000	120
≤ 2500	185
≤ 3000	240
≤ 4000	240
≤ 5000	400
≤ 6000	400

4.5 การใช้สายดินร่วมกัน

ตามกฎการเดินสายของการไฟฟ้านครหลวง ขอมให้มีการใช้สายดินร่วมกันของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ เมื่อสายที่เดินไปเข้าเครื่องอุปกรณ์เหล่านั้นเดินรวมอยู่ในท่อสายเดียวกัน การคิดขนาดของสายดินให้คิดจากขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกินที่ใหญ่ที่สุดที่ใช้ป้องกันเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าที่จะใช้สายดินร่วมกันนี้ จากข้อกำหนดนี้ จะเป็นผลทำให้สายดินแนวเมนสวิตช์ของอาคารชุด สามารถใช้ร่วมกันได้ และการต่อต้องทำให้ถูกต้องด้วย

4.6 การต่อฝาก (Bonding) การต่อฝากก็เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่ามีความต่อเนื่องทางไฟฟ้า และสามารถรองรับกระแสลัดวงจรใดๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ การกำหนดขนาดสายต่อฝากมีดังนี้

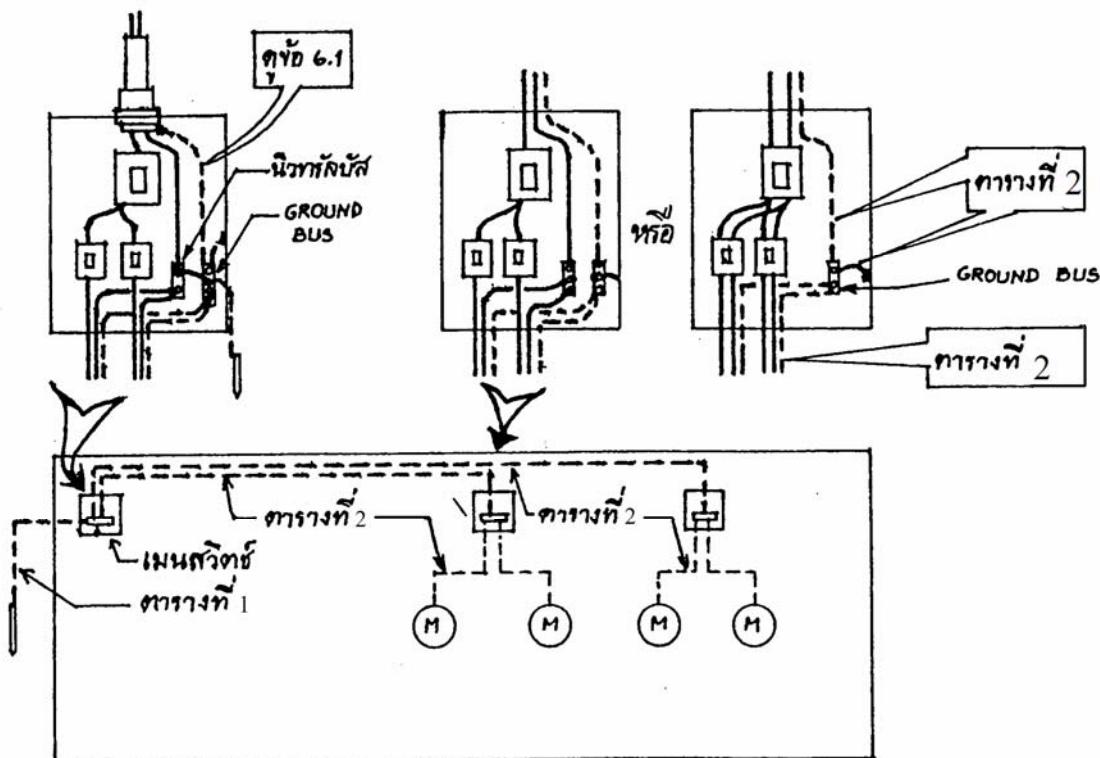
4.6.1 สายต่อฝากของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าทางด้านไฟฟ้าเข้าของเมนสวิตช์ และสายต่อฝากลงดิน (Main bonding jumper) ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าขนาดของสายตาม ตารางที่ 1 ถ้าสายทองแดงเส้นที่มีไฟฟ้าของสายเมนมีขนาดโตกว่า 500 ตร.มม. สายที่จะต่อเข้ากับหลักดินจะต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 12.5 % ของสายเส้นที่โตที่สุด

4.6.2 สายต่อฝากของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าทางด้านไฟออกของเมนสวิตช์ ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า ขนาดของสายดินตามตารางที่ 2 ส่วนที่เป็นโลหะซึ่งปกติไม่ใช่เป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้าของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าต่อไปนี้ ต้องต่อฝากเข้าด้วยกันและต่อลงดินด้วย

4.6.2.1 อุปกรณ์สำหรับการเดินสาย เช่น ท่อสายไฟฟ้า รางเคเบิล และเปลือกสายเคเบิลที่เป็นโลหะ

4.6.2.2 เครื่องห่อหุ้มเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า รวมถึงเครื่องห่อหุ้มสายไฟฟ้าและเครื่องวัดต่างๆ ก่อ่ง และอย่างอื่นที่คล้ายกัน

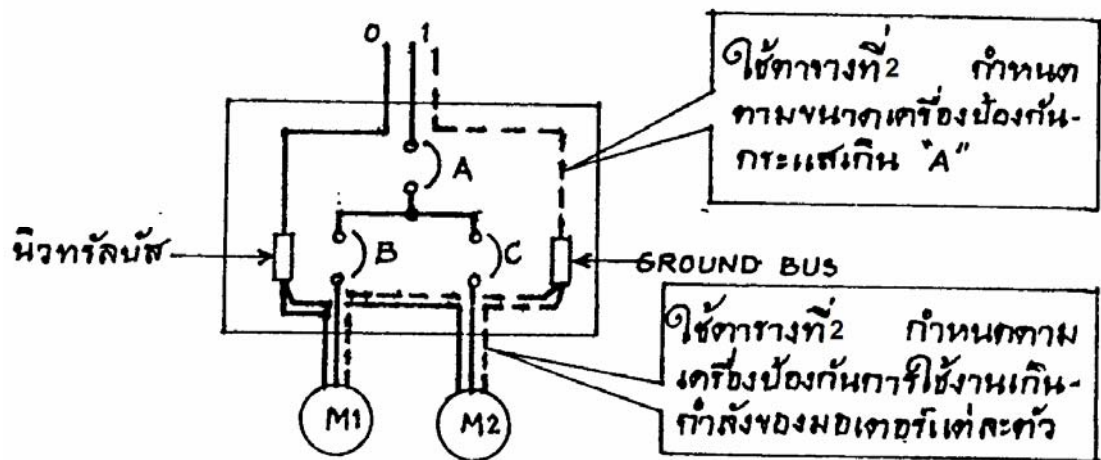
4.6.2.3 ท่อสายไฟฟ้าของสายที่ต่อกับหลักดิน การต่อฝากต้องกระทำที่ทุกๆปลายท่อ โดยต่อฝากท่อสายไฟฟ้า ก่อ่ง และเครื่องห่อหุ้ม เข้ากับสายที่ต่อกับหลักดิน



รูปที่ 15

การต่อสายที่แผงจ่ายไฟต่างๆ

4.7 การกำหนดขนาดสายดินของวงจรมอเตอร์ กำหนดตามขนาดเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังของตัวมอเตอร์



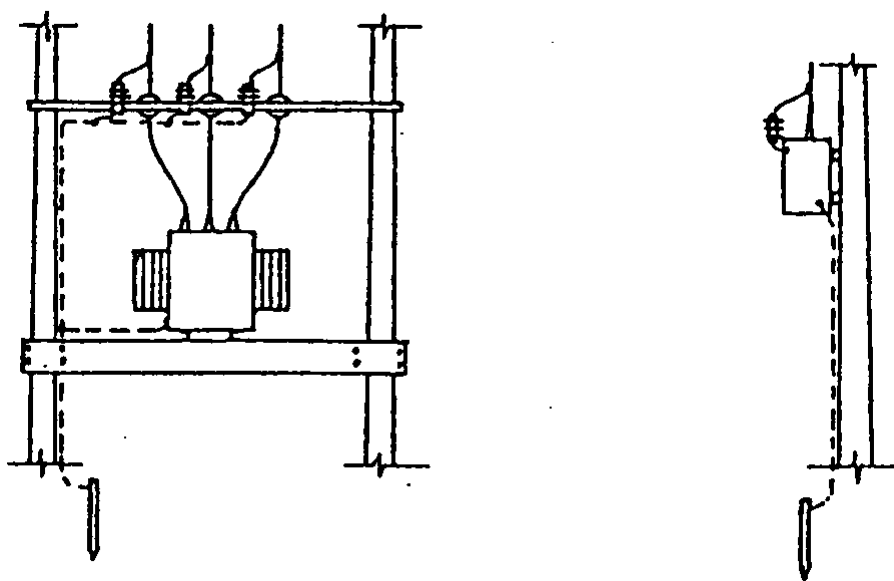
รูปที่ 16

การต่อลงดินของวงจรมอเตอร์

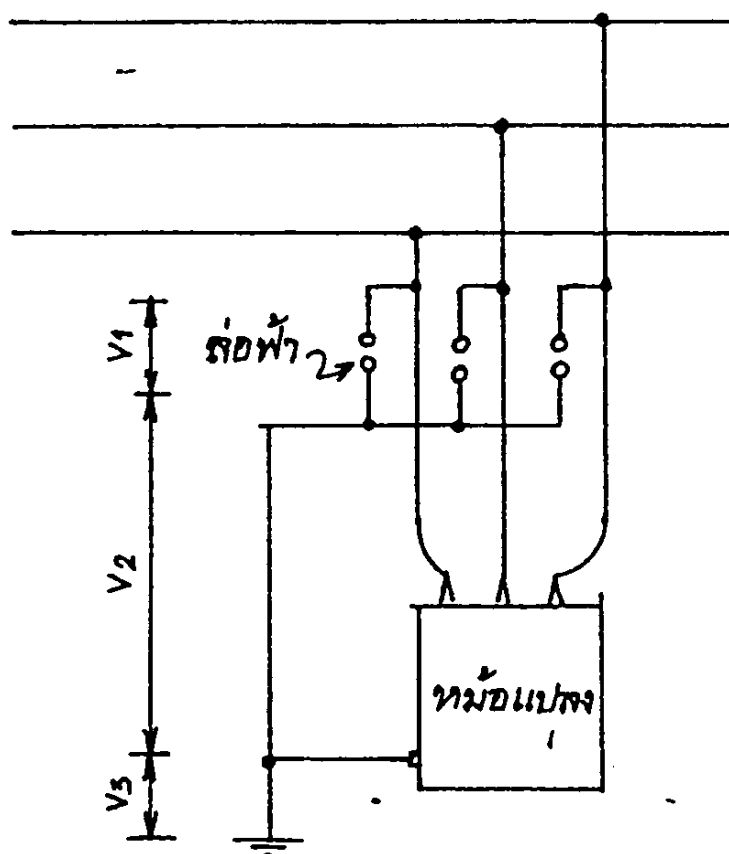
4.8 การต่อลงดินของล่อฟ้า

ล่อฟ้า (Lightning arrester) หมายถึงเครื่องป้องกันความเสียหายของระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้า เนื่องจากถูกฟ้าผ่า มีการติดตั้งทั้งระบบไฟฟ้าแรงดันสูงและแรงดันต่ำ ปกติการติดตั้งจะติดตั้งทางด้านแรงดันสูงของหม้อแปลงไฟฟ้า หรือสายใต้ดิน การต่อลงดินของล่อฟ้ามีหลักอยู่ว่าต้องพยายามลดแรงดันไฟฟ้าเกิน ที่คร่อมเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหลือน้อยที่สุด

4.8.1 การต่อลงดินของล่อฟ้าที่หม้อแปลงไฟฟ้า ปกติจะติดตั้งทางด้านแรงสูงของหม้อแปลงไฟฟ้า สายต่อลงดินของล่อฟ้าต้องต่อร่วมกับสายต่อลงดินของตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้า และต้องพยายามให้สั้นที่สุด เพื่อลดแรงดันคร่อมในสายไฟฟ้า สายต่อลงดินนี้ต้องแยกออกจากสายต่อลงดินของระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำ ตามรูปที่ 17 หรือเขียนเป็นวงจรได้ดังรูปที่ 18

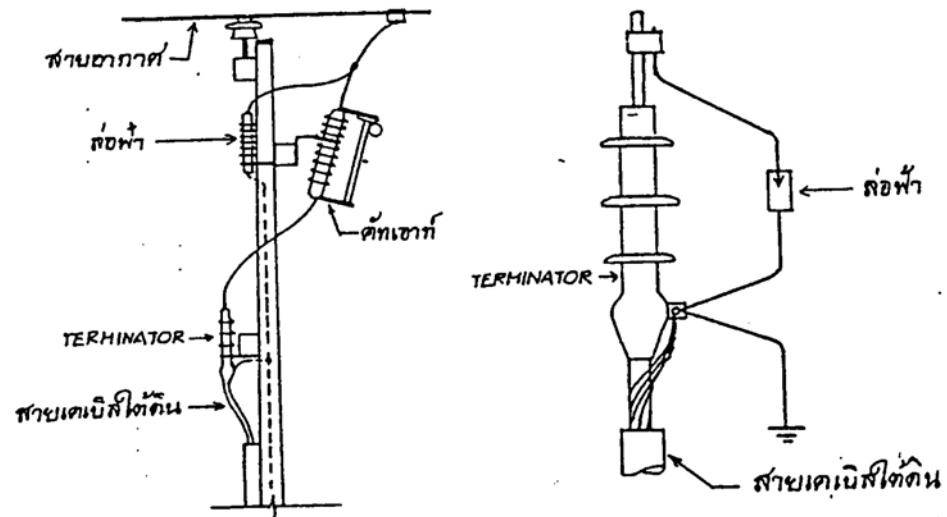


รูปที่ 17
การติดตั้งล่อฟ้ากับหม้อแปลงไฟฟ้า



รูปที่ 18
วงจรแสดงการต่อล่อฟ้ากับหม้อแปลงไฟฟ้า

4.8.2 การต่อลงดินของล่อฟ้าที่สายเคเบิลใต้ดิน ในระบบเคเบิลใต้ดินสายแรงสูงจะมี Shield ซึ่งต้องต่อลงดินเช่นกัน สายเคเบิลตรงจุดที่ต่อกับสายอากาศ (Riser pole) ต้องติดตั้งล่อฟ้าด้วยเพื่อป้องกันความเสียหายของสายเคเบิลใต้ดินและเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า การต่อลงดินของล่อฟ้าจะต่อรวมกับสายShield ของเคเบิลใต้ดินตามรูปที่ 19



รูปที่ 19

การต่อลงดินของล่อฟ้ากับสายเคเบิลใต้ดิน

4.8.3 การกำหนดขนาดสายดินของล่อฟ้า สายดินของล่อฟ้าควรออกแบบให้มีค่า Impedance ต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อลดแรงดันตกคร่อมสายต่อลงดิน แต่เนื่องจากในภาวะปกติสายดินนี้จะไม่มีการสแลไหลผ่าน จะมีเฉพาะเมื่อเกิดแรงดันสูงเกิน หรือล่อฟ้าทำงานเท่านั้น การกำหนดขนาดที่โตเกินไปจะเป็นการสิ้นเปลือง ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยเกี่ยวกับไฟฟ้า กำหนดขนาดสายดินของล่อฟ้าต้องทำด้วยทองแดง ขนาดพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่า 14 ตร.มม. หรือเป็นโลหะชนิดอื่นที่มีความแข็งแรงและความเป็นตัวนำไม่น้อยกว่ากัน ในส่วนของมาตรฐาน N.E.C. กำหนดเป็นสายทองแดงหรืออลูมิเนียมขนาดไม่เล็กกว่า 6 A.W.G. (13.3 มม.) ปกติสายทองแดงขนาด 14 ตร.มม. ไม่มีขายในท้องตลาด จึงควรเลือกใช้สายทองแดงขนาด 16 ตร.มม. จะเป็นแบบสายเปลือยหรือสายหุ้มฉนวนก็ได้

4.9 หลักดิน (Ground rod)

4.9.1 ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยเกี่ยวกับไฟฟ้า ข้อ 65

กำหนด หลักดินต้องมีลักษณะดังนี้

4.9.1.1 แท่งเหล็กชนิดอบโลหะกันการผุกร่อน ต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 16 มม. ยาวไม่น้อยกว่า 2.40 เมตร และปลายข้างหนึ่งจะต้องปักลงในดินลึกไม่น้อยกว่า 2.40 เมตร

4.9.1.2 ท่อเหล็กอาบสังกะสี หรืออาบโลหะกันการผุกร่อนชนิดอื่น มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในไม่น้อยกว่า 19 มม. และยาวไม่น้อยกว่า 2.40 เมตร และปลายข้างหนึ่งจะต้องปักลงในดินลึกไม่น้อยกว่า 2.40 เมตร

4.9.1.3 โครงสร้างอาคารที่เป็นเหล็ก ซึ่งเชื่อมติดต่อกันทั้งอาคาร และมีการต่อลงดินอย่างถูกต้อง ซึ่งมีค่าความต้านทานของการต่อลงดินไม่เกิน 5 โอห์ม

4.9.1.4 แผ่นเหล็กที่มีพื้นที่ไม่น้อยกว่า 1800 ตร.ซม. ถ้าเป็นเหล็กอาบโลหะกันการผุกร่อนต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 6 มม. ถ้าเป็นโลหะอื่นที่ไม่มีการผุกร่อนต้องหนาไม่น้อยกว่า 1.5 ซม. และฝังลงในดินลึกไม่น้อยกว่า 2.40 เมตร

4.9.1.5 เหล็กเส้นหรือสายทองแดงเปลือย ขนาดพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่า 25 ตร.มม. ยาวไม่น้อยกว่า 6 เมตร ม้วนเป็นขดลวดฝังลงในดินลึกไม่น้อยกว่า 2.40 เมตร และเทคอนกรีตทับหนาไม่น้อยกว่า 5 ซม.

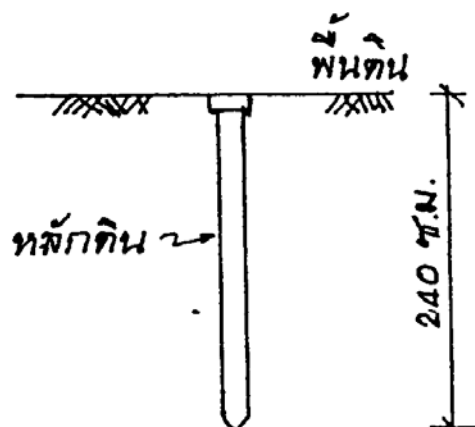
4.9.2 หลักดินตามกฎหมายการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า ของการไฟฟ้านครหลวงกำหนดเอาไว้ดังนี้

4.9.2.1 แท่งเหล็กชนิดอาบโลหะกันการผุกร่อน ต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 16 มม. ยาวไม่น้อยกว่า 2.40 เมตร และปลายข้างหนึ่งจะต้องปักลงในดินลึกไม่น้อยกว่า 2.40 เมตร

4.9.2.2 โครงสร้างอาคารที่เป็นโลหะ วัดค่าความต้านทานของการต่อลงดินไม่เกิน 5 โอห์ม

4.9.2.3 แผ่นเหล็กที่มีพื้นผิวสัมผัสไม่น้อยกว่า 1800 ตร.ซม. ถ้าเป็นเหล็กอาบโลหะกันการผุกร่อนต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 6 มม. ถ้าเป็นโลหะอื่นที่ไม่มีการผุกร่อนต้องหนาไม่น้อยกว่า 1.5 ซม. และฝังลงในดินลึกไม่น้อยกว่า 2.40 เมตร

4.9.2.4 หลักดินชนิดอื่นต้องได้รับความเห็นชอบจากการไฟฟ้านครหลวงก่อน

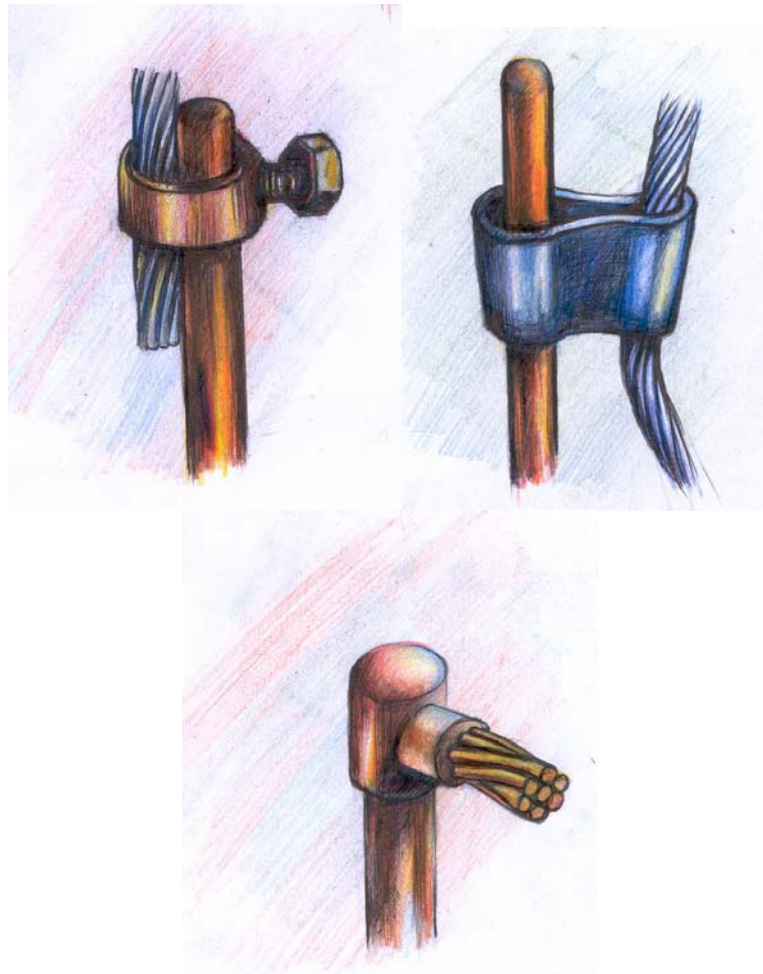


รูปที่ 20 การฝังหลักดิน

4.9.3 ความต้านทานของหลักดินกับดิน ต้องไม่เกิน 5 โอห์ม

4.9.4 การต่อสายดินเข้ากับหลักดิน จุดที่ต่อสายดินเข้ากับหลักดินต้องอยู่ในที่ซึ่งเข้าถึงได้ สะดวกและมีความมั่นคงแข็งแรง แต่ถ้าจุดต่อนี้ฝังอยู่ในดิน หรือคอนกรีต ก็ไม่จำเป็นต้องให้เข้าถึงได้

4.9.5 การต่อสายดินเข้ากับสายหรือเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า การต่อนี้หมายรวมถึงการต่อฝากด้วย ต้องใช้วิธีการต่อที่มั่นคงแข็งแรง โดยการใช้วิธี Exothermic welding หรือหัวต่อแบบบีบ ประกับจับสาย หรืออุปกรณ์อื่นมีระบุให้ใช้เท่านั้น การต่อสายเข้ากับหลักดินแสดงได้ตามรูปที่ 21



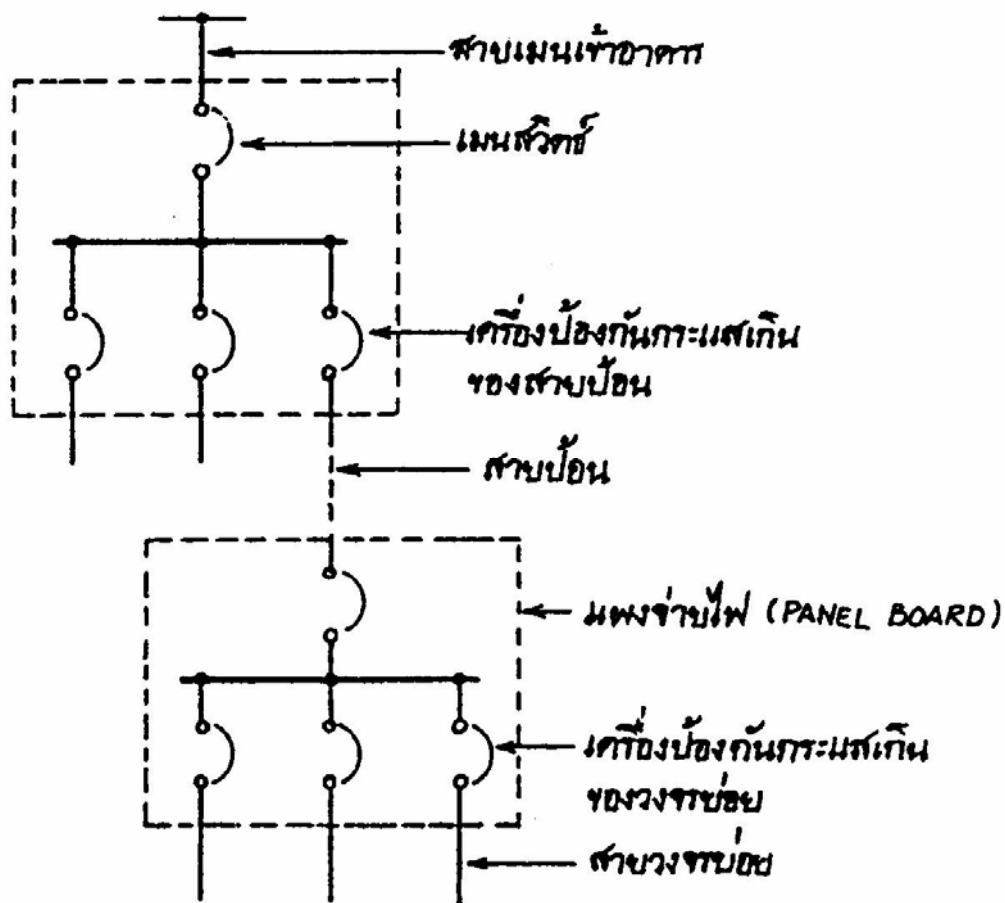
รูปที่ 21

วิธีการต่อสายดินกับหลักดิน

บทที่ 5

สายเมน สายป้อน วงจรย่อย

วงจรไฟฟ้าโดยทั่วไปจะประกอบด้วย วงจรย่อย สายป้อน และสายเมนเข้าอาคาร ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1

Single line diagram ของระบบไฟฟ้าทั่วไป

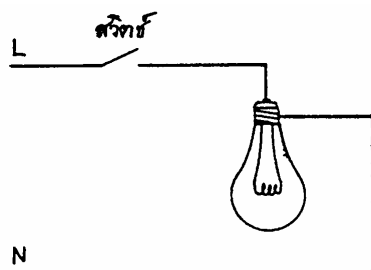
ในการออกแบบวงจรไฟฟ้า เราต้องทำการคำนวณหาค่าโหลดเพื่อกำหนดขนาดของสายไฟฟ้าและเครื่องป้องกันกระแสเกินในแต่ละวงจร ซึ่งก็คือวงจรย่อยและสายป้อนนั่นเอง โดยทั้งสองวงจรอาจจะประกอบด้วยโหลดดังต่อไปนี้

1. โหลดไฟฟ้าแสงสว่าง
2. โหลดเต้ารับ
3. โหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ

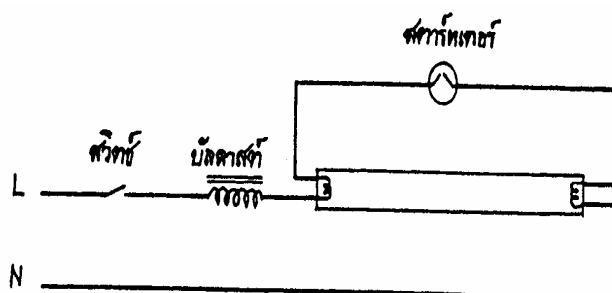
ในวงจรอาจมีมอเตอร์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ รวมอยู่ด้วย ในบทนี้เราจะไม่กล่าวถึง

5.1 วงจรย่อย ในวงจรย่อยจะประกอบด้วยโหลดดังต่อไปนี้

5.1.1 โหลดไฟฟ้าแสงสว่าง ได้แก่ โหลดที่เป็นพวกหลอดไฟฟ้าแสงสว่าง ทั้งที่เป็นหลอดไส้หรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ ดังรูปที่ 2



วงจรหลอดไส้



วงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์

รูปที่ 2

วงจรหลอดไส้และหลอดฟลูออเรสเซนต์

5.1.2 โหลดเต้ารับ ในกฎการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแบ่งโหลดเต้ารับออกเป็น 2 ชนิด คือ เต้ารับใช้งานทั่วไป ซึ่งจะคิดโหลดจุดละ 180 VA และเต้ารับที่ทราบโหลดที่แน่นอนแล้ว จะคิดเท่ากับขนาดของโหลดนั้น และที่สำคัญก็คือพิกัดกระแสของเต้ารับต้องไม่ต่ำกว่าพิกัดกระแสของวงจรย่อย เช่น วงจรย่อยขนาด 15 แอมแปร์ เต้ารับก็ต้องมีพิกัดไม่น้อยกว่า 15 แอมแปร์ด้วยเช่นกัน โหลดสำหรับเต้ารับที่ทราบโหลดแน่นอนแล้ว การคิดโหลดก็ดูจากกระแสของโหลดนั้นเลย แต่ถ้าไม่ทราบค่าที่แน่นอนก็ให้ใช้ค่าโดยประมาณจากตารางที่ 1 ก็ได้

ตารางที่ 1

โหลดของเครื่องใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ 1 เฟส โดยประมาณ

รายการ	ขนาดโหลด (VA)
พัดลมตั้งโต๊ะ	35
พัดลมตั้งพื้น	65
โทรทัศน์	350
ตู้เย็น	500
เตารีดไฟฟ้า	1000
หม้อหุงข้าวไฟฟ้า	1000
เครื่องเป่าผม	1250
เครื่องซักผ้า	1250
เครื่องปรับอากาศ ขนาด 12,000 BTU	2000
เตาไมโครเวฟ	3000

5.1.3 โหลดอื่นๆ หมายถึงโหลดที่ติดตั้งถาวร ไม่ได้ต่อจากตู้รับตามข้อ 1.2 โหลดประเภทนี้ ได้แก่ เครื่องทำน้ำอุ่น และเครื่องปรับอากาศ

การคำนวณโหลดของวงจรย่อย ก็คือการเอาโหลดตามข้อ 1.1 – 1.3 มารวมกัน ก็จะได้เป็น โหลดรวมของแต่ละวงจร

การคำนวณโหลดของแต่ละวงจรย่อย

1. โหลดแสงสว่างและโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทราบค่าแน่นอนแล้วให้คิดตามที่ติดตั้งจริง
2. โหลดตู้รับที่ใช้งานทั่วไปให้คิดโหลดจุดละ 180 VA
3. โหลดของตู้รับอื่นที่มีได้ใช้งานทั่วไป ให้คิดโหลดตามขนาดเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นๆ
4. ในวงจรย่อยที่มีทั้งโหลดต่อเนื่องและโหลดไม่ต่อเนื่องรวมกันอยู่ หรือมีโหลดอย่างใดอย่างหนึ่ง การคิดโหลดเพื่อกำหนดขนาดกระแสของวงจรย่อยและเครื่องป้องกัน กระแสเกินให้คิดดังนี้

$$\text{ขนาดกระแสวงจรย่อย} \geq \text{โหลดไม่ต่อเนื่อง} + 1.25 \text{ เท่าของโหลดต่อเนื่อง}$$

หมายเหตุ โหลดต่อเนื่อง หมายถึงโหลดที่มีการใช้งานติดต่อกันตั้งแต่ 3 ชั่วโมงขึ้นไป

การกำหนดขนาดวงจรย่อย การไฟฟ้านครหลวงได้กำหนดขนาดวงจรย่อยเป็นมาตรฐานเอาไว้ ดังนี้คือ ขนาด 5, 10, 15, 20, 30, 40 และ 50 A การเลือกใช้เครื่องป้องกันกระแสเกินก็ต้องเลือกใช้ให้ตรงตามขนาดของวงจรย่อย แต่ถ้าขนาดดังกล่าวไม่ใช่ขนาดมาตรฐานของผู้ผลิตก็ให้เลือกขนาดที่สูงขึ้นในลำดับถัดไป ตัวอย่างเช่น ขนาดของวงจรย่อยเป็น 20 A แต่เครื่องป้องกันกระแสเกินของบริษัทผู้ผลิตไม่มีขนาดดังกล่าวมีขนาด 10, 18, 25, 35 A ในการเลือกขนาดเราก็ต้องเลือกขนาด 25 A มาติดตั้งแทน

โหลดสำหรับวงจรย่อยแต่ละขนาด วงจรย่อยซึ่งมีจุดต่อทางไฟฟ้าตั้งแต่ 2 จุดขึ้นไป ต้องมีโหลดดังนี้

- 1) วงจรย่อยขนาดไม่เกิน 20 แอมแปร์ เมื่อมีโหลดติดตั้งถาวรร่วมกับโหลดที่ใช้หั่วเสียบ โหลดติดตั้งถาวรในวงจรรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 50% ของขนาดวงจรย่อย และโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้หั่วเสียบแต่ละเครื่องจะต้องมีขนาดไม่เกิน 80% ของขนาดวงจรย่อย และในกรณีที่โหลดในวงจรย่อยทั้งหมดไม่มีเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีหั่วเสียบอยู่เลย โหลดที่ติดตั้งจะต้องมีค่าไม่เกินโหลดไม่ต่อเนื่องรวมกับ 1.25 เท่าของโหลดต่อเนื่อง
- 2) วงจรย่อยขนาด 30 แอมแปร์ เนื่องจากเป็นวงจรที่มีขนาดใหญ่ จึงบังคับให้ดวงโคมที่ต่ออยู่ในวงจรนี้จะต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 660 วัตต์ และยอมให้ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหั่วเสียบได้ ทั้งนี้เครื่องใช้ไฟฟ้างกล่าวต้องไม่เกิน 80% ของขนาดวงจรย่อย

- 3) วงจรย่อยขนาด 40 และ 50 แอมแปร์ บังคับให้ดวงโคมที่ต้องอยู่ในวงจรย่อยต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 660 วัตต์ เช่นเดียวกับวงจรย่อยขนาด 30 วัตต์ แต่ในส่วนของการใช้ไฟฟ้าอื่นๆต้องเป็นแบบติดตั้งถาวรเท่านั้นจะใช้แบบหิ้วเสียบไม่ได้

การกำหนดขนาดของสายไฟฟ้าสำหรับวงจรย่อย สายไฟฟ้าของวงจรย่อยต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าโหลดที่คำนวณได้ แต่ต้องไม่เล็กกว่า 2.5 ตร.มม. กรณีนี้จะเห็นว่าขนาดกระแสของสายของวงจรย่อยอาจจะต่ำกว่าขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย เนื่องจากเครื่องป้องกันกระแสเกินต้องกำหนดให้ตรงตามมาตรฐานของบริษัทผู้ผลิต และในบางวงจรย่อยไม่อาจจะกำหนดหรือคำนวณโหลดได้แน่นอน เนื่องจากเป็นวงจรที่มีตัวรับรวมอยู่ด้วย และไม่ทราบว่าจะเอาโหลดอะไรมาต่อกับตัวรับนั้น ทำให้โหลดในวงจรย่อยดังกล่าวไม่แน่นอน ในกรณีนี้ ให้ใช้สายไฟฟ้าที่มีขนาดเท่ากับขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน ห้ามคิดจากโหลด

5.2 สายป้อน คือสายไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจรย่อยตั้งแต่ 2 วงจรขึ้นไป การกำหนดขนาดของสายป้อนต้องสามารถจ่ายโหลดในวงย่อยได้เพียงพอ ทั้งนี้ขนาดสายป้อนต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 4 ตร.มม.

การคำนวณโหลดของสายป้อน คือการนำโหลดทั้งหมดที่อยู่ในสายป้อนมารวมกัน โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$\text{โหลดรวม} = \text{โหลดไม่ต่อเนื่อง} + 1.25 \text{ เท่าของโหลดต่อเนื่อง}$$

ในการคำนวณยอมให้ใช้ค่า Demand factor ในกรณีดังนี้

1. โหลดแสงสว่างใช้ค่า Demand factor ได้ตามตารางที่ 2
2. โหลดเต้ารับของสถานที่อื่นซึ่งไม่ใช่ที่อยู่อาศัย ให้ใช้ค่า Demand factor ตามตารางที่ 3 ได้ แต่ต้องเป็นเต้ารับที่ใช้กับงานทั่วไป โดยคิดโหลดที่จุดละ 180 VA เท่านั้น
3. เต้ารับอื่นๆ ที่ไม่ใช่เต้ารับตามข้อ 2 ให้คิดจากเต้ารับตัวแรกที่มีโหลดสูงสุด บวกกับ 75% ของขนาดโหลดเต้ารับที่เหลือ
4. โหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ให้ใช้ค่า Demand factor ตามตารางที่ 4

หมายเหตุ ค่า Demand factor ดังกล่าวใช้คำนวณเฉพาะในการคำนวณโหลดของสายป้อนเท่านั้น ไม่ได้ใช้ในการคำนวณโหลดของวงจรย่อย เนื่องจากในการคำนวณโหลดวงจรย่อยจะไม่มีกรคิดค่า Demand factor

การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน เครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อนต้องมีขนาดไม่ต่ำกว่าโหลดที่คำนวณได้กรณีที่โหลดคำนวณได้ไม่ตรงกับขนาดมาตรฐานของเครื่องป้องกันกระแสเกิน ให้ใช้หลักเกณฑ์ดังนี้ในการเลือกขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อน หากโหลด

ที่คำนวณได้น้อยกว่า 800 A ก็ให้เลือกขนาดที่สูงขึ้นไปอีกลำดับชั้นหนึ่ง แต่ถ้าโหลดที่คำนวณได้มากกว่า 800 A จะต้องเลือกขนาดที่ใกล้เคียงที่ต่ำลงมาอีกลำดับชั้นหนึ่งแทน

การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า สายไฟฟ้าของสายป้อนต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าโหลดที่คำนวณได้ แต่ต้องไม่เล็กกว่า 4.0 ตร.มม. กรณีที่ไม่สามารถคำนวณโหลดได้ชัดเจน สายป้อนต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าขนาดกระแสของเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อนนั้น

ขนาดสายนิวทรัลให้เป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

- 1) กรณีสายเส้นที่มีไฟฟ้า มีกระแสโหลดไม่สมดุลไม่เกิน 200 A ขนาดกระแสของสายนิวทรัลต้องไม่น้อยกว่ากระแสของโหลดสูงสุดนั้น
- 2) กรณีสายเส้นที่มีไฟฟ้า มีกระแสโหลดไม่สมดุลเกิน 200 A ขนาดกระแสของสายนิวทรัลต้องไม่น้อยกว่า 200 A รวมกับ 70% ของส่วนที่เกิน 200 A
- 3) ถ้าโหลดไม่สมดุลเป็นโหลดประเภท Electric discharge เช่นหลอดฟลูออเรสเซนต์ อุปกรณ์เกี่ยวกับ Data processing หรืออุปกรณ์อื่นที่ทำให้เกิดกระแส Harmonic ในสายนิวทรัล สายนิวทรัลที่ใช้ต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าโหลดที่ไม่สมดุลนั้น

หมายเหตุ สายป้อนที่มีโหลดส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์เกี่ยวกับ Data processing ในการออกแบบไม่ควรลดขนาดของสายนิวทรัล ควรใช้ขนาดไม่เล็กกว่าสายเส้นเฟสที่มีไฟฟ้า

ตารางที่ 2

Demand factor ของสายป้อนแสงสว่าง

ชนิดอาคาร	Demand Factor (%)
อาคารที่พักอาศัย	66
ร้านค้า	90
อาคารสำนักงาน	100
ห้างสรรพสินค้า	100
โรงแรม	75
โรงพยาบาล	75
อาคารชุดประเภทพักอาศัย	75
อาคารประเภทอื่นๆ	100

หมายเหตุ Demand factor ตามตารางนี้ห้ามใช้สำหรับสายป้อนในสถานที่บางแห่งของโรงพยาบาล ซึ่งบางขณะจำเป็นต้องใช้แสงสว่างพร้อมๆกัน ได้แก่ ห้องผ่าตัด ห้องอาหาร หรือห้องโถง ฯลฯ

ตารางที่ 3

Demand factor สำหรับโหลดเต้ารับในสถานที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย

โหลดของเต้ารับรวม (คิดที่จุดละ 180 VA)	Demand factor (%)
≤ 10 KVA	100
> 10 KVA	50

ตารางที่ 4

Demand factor สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป

ชนิดของอาคาร	ประเภทโหลด	Demand factor
1. ประเภทที่อยู่อาศัย	เครื่องหุงต้มอาหาร	10 A + 30% ของส่วนที่เกิน 10 A
	เครื่องทำน้ำร้อน	กระแสที่ใช้งานจริงของสองตัวแรก + 25 % ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องปรับอากาศ	100 %
2. ประเภทสำนักงานและร้านค้ารวมห้างสรรพสินค้า	เครื่องหุงต้มอาหาร	กระแสที่ใช้งานจริงของตัวใหญ่ที่สุด + 80 % ของตัวที่ใหญ รองลงมา + 60 % ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องทำน้ำร้อน	กระแสที่ใช้งานจริงของสองตัวแรก + 25 % ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องปรับอากาศ	100 %
3. ประเภทโรงแรม และอาคารประเภทอื่นๆ	เครื่องหุงต้มอาหาร	เหมือนข้อ 2
	เครื่องทำน้ำร้อน	เหมือนข้อ 2
	เครื่องปรับอากาศประเภทแยกแต่ละห้อง	75 %

การป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อยและสายป้อน

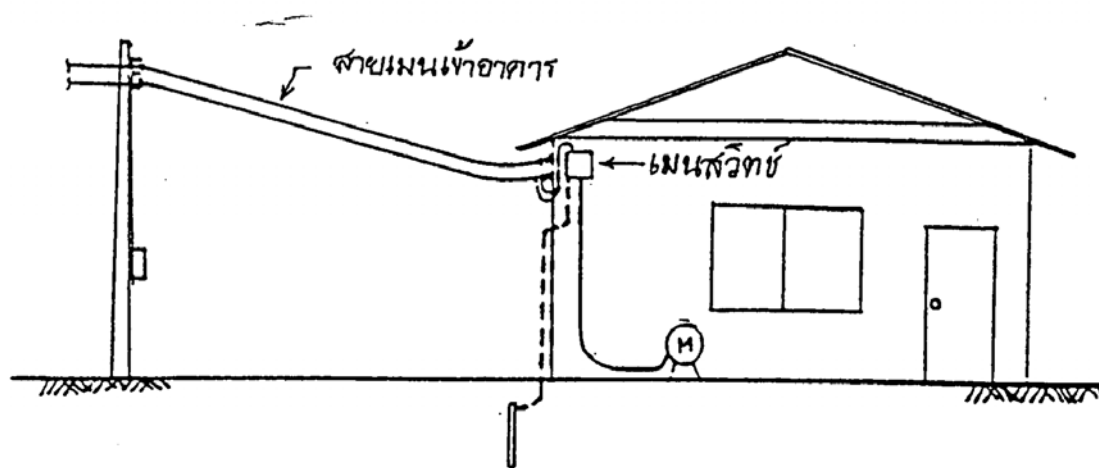
วงจรย่อยและสายป้อนต้องมีการป้องกันกระแสเกิน โดยเครื่องป้องกันกระแสเกินต้องมีรายละเอียดดังนี้

- 1) เครื่องป้องกันกระแสเกินอาจเป็นฟิวส์ หรือสวิตช์อัตโนมัติก็ได้
- 2) การใช้ฟิวส์ หรือสวิตช์อัตโนมัติ หรือใช้ทั้งสองอย่างรวมกัน จะนำมาต่อกันแบบขนานไม่ได้ ยกเว้น เป็นผลิตภัณฑ์มาตรฐานที่ผลิตสำเร็จรูปมาจากโรงงานผู้ผลิต และเป็นแบบที่ได้รับการเห็นชอบแล้วว่าเป็นหน่วย (Unit) เดียวกัน
- 3) ในกรณีติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับดวงโคม หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น เครื่องป้องกันกระแสเกินเพิ่มเติมเหล่านี้จะใช้แทนเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อยไม่ได้ และไม่จำเป็นต้องติดตั้งในสถานที่ที่สามารถเข้าถึงได้ทันที
- 4) เครื่องป้องกันกระแสเกินต้องสามารถป้องกันทุกสายตัวนำของเส้นที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน และไม่ต้องติดตั้งกับตัวนำที่ต่อลงดิน ยกเว้น อนุญาตให้ต่อเข้ากับตัวนำที่ต่อลงดินได้ในกรณีที่เครื่องป้องกันกระแสเกินสามารถตัดวงจรทุกเส้นรวมทั้งตัวนำที่ต่อลงดินได้พร้อมกัน
- 5) ในกรณีที่มีการต่อสายแยกของสายป้อน จะต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกินทุกจุด
ข้อยกเว้นที่ 1 เครื่องป้องกันกระแสเกินเครื่องนั้นสามารถป้องกันสายที่ต่อแยกได้
ข้อยกเว้นที่ 2 สายที่ต่อแยกจากสายป้อนเป็นไปตามนี้ทุกข้อ
 - 2.1 มีความยาวไม่เกิน 7.5 เมตร และ
 - 2.2 มีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่า $\frac{1}{3}$ ของสายป้อน และ
 - 2.3 จุดปลายของสายที่ต่อแยกมีเครื่องป้องกันกระแสเกิน 1 ตัว และ
 - 2.4 สายที่ต่อแยกต้องเดินอยู่ในท่อสาย
- 6) เครื่องป้องกันกระแสเกินต้องไม่ติดตั้งในสถานที่ซึ่งอาจจะเกิดความเสียหาย รวมทั้งไม่อยู่ใกล้กับวัตถุที่ติดไฟได้ง่าย
- 7) เครื่องป้องกันกระแสเกินต้องติดตั้งอยู่ในกล่องหรือตู้ที่สามารถปิดได้อย่างมิดชิด (เฉพาะค้ำสับของสวิตช์อัตโนมัติเท่านั้นที่ยอมให้ไฟล่อออกมาได้)
- 8) ยกเว้น หากติดตั้งที่แผงสวิตช์หรือแผงควบคุม ซึ่งอยู่ในห้องที่ไม่มีวัตถุติดไฟง่าย และไม่มีความชื้น เครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับบ้านพักอาศัยที่มีขนาดไม่เกิน 50 แอมแปร์ ไม่จำเป็นต้องติดตั้งอยู่ในตู้หรือในกล่องก็ได้
- 9) กล่องหรือตู้ที่บรรจุเครื่องป้องกันกระแสเกิน ซึ่งติดตั้งอยู่ในสถานที่เปียกหรือชื้น จะต้องเป็นชนิดที่ได้รับการเห็นชอบแล้ว และต้องติดตั้งห่างจากผนังหรือพื้นที่ยอมรับไม่น้อยกว่า 5 มม.

- 10) เครื่องป้องกันกระแสเกินต้องติดตั้งในสถานที่สามารถปฏิบัติงานได้สะดวก มีที่ว่างและแสงสว่างเพียงพอ

5.3 เมนสวิทช์ (Service equipment) ทำหน้าที่ปลดสายภายในอาคารทั้งหมดออกจากระบบจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ โหลดของเมนสวิทช์จะคำนวณเช่นเดียวกับโหลดของสายป้อนนั่นเอง ถ้าวงจรไฟฟ้าภายในบ้านเป็นวงจรขนาดเล็กมีสายป้อนเพียงชุดเดียว ดังนั้นโหลดของเมนสวิทช์ก็คือโหลดของสายป้อนด้วยเช่นกัน และถ้ามีสายป้อนหลายเส้น โหลดของเมนสวิทช์ก็คือโหลดที่ต่ออยู่กับเมนสวิทช์ทั้งหมดรวมกัน การคิดก็เช่นเดียวกับการคิดโหลดของสายป้อนโดยเอาค่า Demand factor มาคิดด้วย

กฎการเดินสายของการไฟฟ้านครหลวง ได้กำหนดให้อาคารหรือสิ่งปลูกสร้างทุกประเภท จะต้องมีการติดตั้งเมนสวิทช์สำหรับปลดวงจรสายทุกเส้นออกจากสายเมน



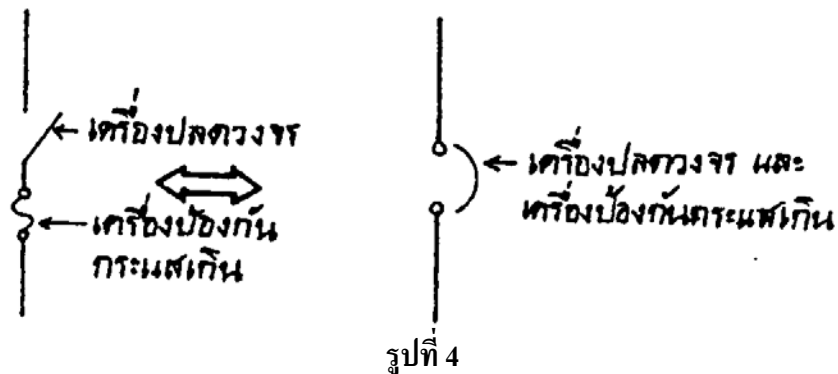
รูปที่ 3

การติดตั้งเมนสวิทช์

กฎการเดินสายยอมให้แต่ละอาคารสามารถติดตั้งเมนสวิทช์ได้มากกว่า 1 ชุด แต่ทั้งนี้เมนสวิทช์ดังกล่าวต้องติดตั้งในเครื่องห่อหุ้มเดียวกัน หรือติดตั้งรวมอยู่เป็นกลุ่มเดียวกัน แต่ถ้าการจ่ายไฟของแต่ละเมนสวิทช์มีการแยกส่วนกันอย่างชัดเจน ก็สามารถติดตั้งเมนสวิทช์แยกจากกันได้ ทั้งนี้จะต้องมีเครื่องหมายแสดงให้ชัดเจนว่า อาคารดังกล่าวมีเมนสวิทช์มากกว่า 1 ชุด และที่เมนสวิทช์แต่ละชุดจะต้องมีเครื่องหมายแสดงว่าเป็นเมนสวิทช์ รวมทั้งบอกด้วยว่าเมนสวิทช์นั้นจ่ายโหลดให้กับอุปกรณ์ใดบ้าง

ส่วนประกอบของเมนสวิทช์ ดังรูปที่ 4

1. เครื่องปลดวงจร (Disconnecting means)
2. เครื่องป้องกันกระแสเกิน (Over current protection service)



ส่วนประกอบของเมนสวิตช์

เมนสวิตช์ที่ติดตั้งในระบบไฟฟ้าแรงต่ำ ไม่เกิน 750 โวลต์ และไฟฟ้าแรงสูง เกิน 750 โวลต์แต่ไม่เกิน 24 KV มีรายละเอียดดังนี้

เมนสวิตช์ระบบไฟฟ้าแรงต่ำ

การไฟฟ้านครหลวงกำหนดให้เมนสวิตช์แรงต่ำที่มีขนาดเกิน 1000 A ต้องมีเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรลงดิน (Ground fault protection)

1. เครื่องปลดวงจรของเมนสวิตช์ มีข้อกำหนดและการติดตั้งดังนี้

1.1 เครื่องปลดวงจรชนิดหนึ่งขั้วขนาดตั้งแต่ 50 A ขึ้นไป หรือชนิดสามขั้วทุกขนาด จะต้องเป็นแบบที่สามารถปลด - สับได้ ขณะมีโหลด (Load break)

1.2 เครื่องปลดวงจรต้องสามารถปลดวงจรทุกเส้นสายได้พร้อมกัน และต้องแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าอยู่ในตำแหน่งปลด หรือสับ หรือตำแหน่งปลดหรือสับนั้น สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน

1.3 เครื่องปลดวงจรต้องมีพิกัดกระแสไม่ต่ำกว่าพิกัดกระแสของเครื่องป้องกันกระแสเกินขนาดมากที่สุดที่ใส่ได้หรือปรับตั้งค่าได้

1.4 เครื่องปลดวงจรต้องสามารถปลดวงจรได้อย่างสะดวกและไม่มีโอกาสสัมผัสกับส่วนที่มีไฟฟ้า

1.5 เครื่องปลดวงจรอนุญาตให้ติดตั้งได้ทั้งภายในและภายนอกอาคารได้ โดยจะต้องเป็นชนิดที่ออกแบบมาให้เหมาะสมต่อการติดตั้งตามแบบนั้นๆ และจะต้องอยู่ใกล้แหล่งจ่ายไฟให้มากที่สุด โดยสามารถเข้าถึงได้สะดวก

1.6 ห้ามต่อเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าทางด้านไฟเข้าของเครื่องปลดวงจร ยกเว้น เป็นการต่อเพื่อเข้าเครื่องวัด คาปาซิเตอร์ สัญญาณต่างๆ หรือเพื่อใช้ในวงจรควบคุมของเมนสวิตช์ที่ต้องมีไฟ เมื่อเครื่องปลดวงจรอยู่ในตำแหน่งปลด

1.7 ในกรณีที่เป็นต้องมี Transfer switch ต้องมี Interlock ป้องกันการชนกันของแหล่งจ่ายไฟจากหลายแหล่ง

1.8 ในอาคารหลายครอบครัว ผู้อยู่อาศัยต้องสามารถเข้าถึงเครื่องปลดวงจรของตนเองได้อย่างสะดวก

1.9 ต้องจัดให้มีที่ว่างอย่างเพียงพอที่จะปฏิบัติงานเกี่ยวกับเครื่องปลดวงจรได้สะดวก

2. เครื่องป้องกันกระแสเกินของเมนสวิตช์

พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินของเมนสวิตช์ ต้องไม่เกินพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินตามตารางที่ 5 เครื่องป้องกันกระแสเกินต้องติดตั้งอยู่บนแผงหรือตู้เดียวกัน เป็นส่วนร่วมกันหรืออยู่ใกล้กันโดยไม่มีเครื่องกั้นกับเครื่องปลดวงจรของเมนสวิตช์ การติดตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกินมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ห้ามติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกินในสายที่มีการต่อลงดิน ยกเว้น เครื่องป้องกันกระแสเกินที่เป็นสวิตช์อัตโนมัติ ซึ่งตัดวงจรของทุกสายออกพร้อมกันเมื่อมีกระแสเกิน

2.2 อนุญาตเฉพาะวงจรระบบฉุกเฉินต่างๆ เครื่องแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ระบบสัญญาณป้องกันอันตราย เครื่องสูบน้ำดับเพลิง นาฬิกา เครื่องป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่า คาปาซิเตอร์ เครื่องวัดลวดวงจรควบคุมที่ติดตั้งทางด้านไฟฟ้าของเครื่องป้องกันกระแสเกินได้

2.3 เครื่องป้องกันกระแสเกินต้องสามารถตัดกระแสลัดวงจร ค่ามากที่สุดที่อาจเกิดขึ้นที่จุดต่อไฟออกของเครื่องป้องกันกระแสเกินได้

เครื่องป้องกันกระแสเกินของระบบแรงดันนี้สามารถเลือกใช้นขนาดที่ต่ำกว่าในตารางที่ 5 ได้ แต่ทั้งนี้ต้องไม่ต่ำกว่าค่าโหลดที่คำนวณได้ในแต่ละเรื่อง ซึ่งการคำนวณใช้วิธีเดียวกับการคำนวณโหลดของสายป้อนนั่นเอง

ตารางที่ 5

พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินและโหลดสูงสุดตามขนาดมาตรฐานวัดไฟฟ้า

ขนาดมาตรฐานวัด (แอมแปร์)	พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน (แอมแปร์)	พิกัดโหลดสูงสุด (แอมแปร์)
5(15)	16	10
15(45)	50	30
30(100)	100	75
50(150)	125	100
200	250	200
400	500	400
600	750	600
800	1000	800

หากผู้ใช้ไฟฟ้าติดตั้งมาตรวัดไฟฟ้าแรงสูง ซึ่งต้องมีการติดตั้งหม้อแปลง การกำหนดขนาดสวิตช์แรงต่ำหลังหม้อแปลงอาจจะกำหนดจากขนาดของโหลด หรือขนาดของหม้อแปลงก็ได้ ผลที่ได้จะแตกต่างกันออกไป

เมนสวิตช์ในระบบไฟฟ้าแรงสูง

เมนสวิตช์ในระบบไฟฟ้าแรงสูง ต้องสอดคล้องกับเมนสวิตช์ในระบบไฟฟ้าแรงต่ำ แต่มีข้อกำหนดเพิ่มเติมดังนี้

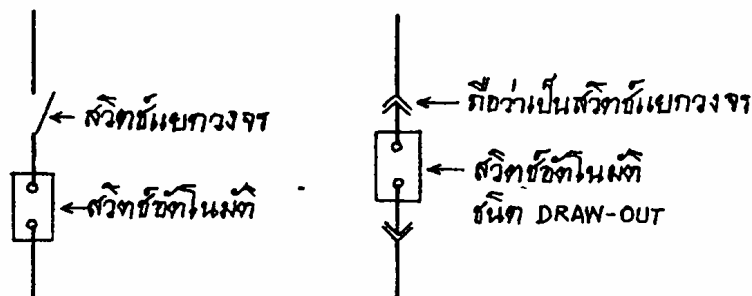
1. สวิตช์แยกวงจร

1.1 เมื่อใช้สวิตช์อัตโนมัติทำหน้าที่เป็นเครื่องปลดวงจรของเมนสวิตช์ ต้องติดตั้งแอร์เบรคไอโซเลตติ้งสวิตช์ (Air break – Isolating switch) ทางด้านไฟเข้าของเครื่องปลดวงจร ยกเว้น

Gas insulated switchgear สวิตช์แยกวงจร ไม่บังคับให้ติดตั้งทางด้านไฟฟ้า

1.2 ทางด้านโหลดของสวิตช์แยกวงจร ต้องมีอุปกรณ์สำหรับต่อลงดิน เมื่อปลดวงจรออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า

1.3 สวิตช์อัตโนมัติชนิด Draw out ถือว่ามีสวิตช์แยกวงจรอยู่แล้ว ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5

สวิตช์แยกวงจร

1.4 สวิตช์แยกวงจรต้องเป็นแบบ Interlock ให้สับปลดได้เมื่อเมนสวิตช์อยู่ในตำแหน่งปลด หรือต้องมีป้ายเตือนให้เห็นอย่างชัดเจน ไม่ให้สับปลดวงจรเมื่อเมนสวิตช์อยู่ในตำแหน่งสับ

2. เครื่องปลดวงจรของเมนสวิตช์ ต้องมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ต้องสามารถปลดสายเส้นไฟทั้งหมดพร้อมๆกันได้ และต้องสามารถสับวงจรได้ขณะที่เกิดกระแสลัดวงจรค่ามากที่สุดที่อาจเกิดขึ้นได้ เมื่อติดตั้งฟิวส์สวิตช์ หรือฟิวส์ประกอบกัน ฟิวส์นั้นจะต้องมีคุณสมบัติตัดกระแสลัดวงจรขณะที่สับเครื่องปลดวงจรโดยที่เครื่องปลดวงจรไม่เสียหาย

2.2 กรณีที่เครื่องปลดวงจรเป็นชนิด Fuse cutout ชนิด Drop out ติดตั้งบนเสาไฟฟ้า หรือโครงสร้างอื่นที่ทำหน้าที่เช่นเดียวกับเสาไฟฟ้า ไม่บังคับให้ปลดสายเส้นไฟได้พร้อมกัน นอกจากจะมีกำหนดไว้โดยเฉพาะในเรื่องนั้น

2.3 เมื่อใช้ Current limiting fuse ทำหน้าที่บังคับให้ Load break switch ปลดวงจร ออกทั้งสามเฟส เมื่อฟิวส์เส้นใดเส้นหนึ่งขาด พิกัด breaking current ของ load break switch ต้องมีค่า ไม่น้อยกว่า 7 เท่าของกระแสฟิวส์

3. เครื่องป้องกันกระแสเกิน

3.1 เมื่อเมนสวิตซ์ติดตั้งในห้อง Switch gear หรือเป็นตัว Switch gear โลหะ เครื่อง ป้องกันกระแสเกินและเครื่องปลดวงจรต้องเป็นดังนี้

ก. สวิตช์น้ำมันชนิดไม่อัตโนมัติ ฟิวส์ – คัทเอาต์ ใช้น้ำมัน หรือ Air load interrupter switch ต้องใช้กับฟิวส์ ความสามารถในการปลดวงจรของสวิตซ์ต้องไม่น้อยกว่าค่ากระแส ใช้งานต่อเนื่องของฟิวส์

ข. สวิตซ์อัตโนมัติ ที่มีพิกัดกระแสและความสามารถในการตัดไฟที่เหมาะสมต่อ การใช้งาน

ค. สวิตซ์ต้องสามารถตัดกระแสขณะไม่มีโหลดของหม้อแปลงที่จ่ายไฟผ่านสวิตซ์ ร่วมกับฟิวส์ขนาดที่เหมาะสม เมื่อจัดให้สวิตซ์นี้อินเตอร์ล็อกกับเมนสวิตซ์ทางด้านเอาต์พุตของ หม้อแปลง เพื่อไม่ให้สวิตซ์ดังกล่าวตัดวงจรขณะที่วงจรทางด้านเอาต์พุตของหม้อแปลงยังต่ออยู่

3.2 เมื่อเมนสวิตซ์ไม่ได้ติดตั้งในห้อง Switch gear หรือเป็นตัว Switch gear โลหะ เครื่องป้องกันกระแสเกินและเครื่องปลดวงจรต้องเป็นดังนี้

ก. Air load interrupter switch หรือสวิตซ์อื่นที่สามารถตัดกระแสโหลดที่กำหนด ของวงจรได้ ใช้ร่วมกับฟิวส์ที่ติดอยู่บนเสาหรือโครงสร้างที่ยกขึ้นให้สูง และอยู่ภายนอกอาคารและ สวิตซ์ที่สามารถสับปลด โดยผู้ที่มีหน้าที่ในอาคารนั้น

ข. สวิตซ์อัตโนมัติ ที่มีพิกัดกระแสและความสามารถในการตัดไฟที่เหมาะสมต่อ การใช้งาน ต้องติดตั้งภายนอกอาคารให้ใกล้จุดที่สายเมนเข้าอาคารมากที่สุด

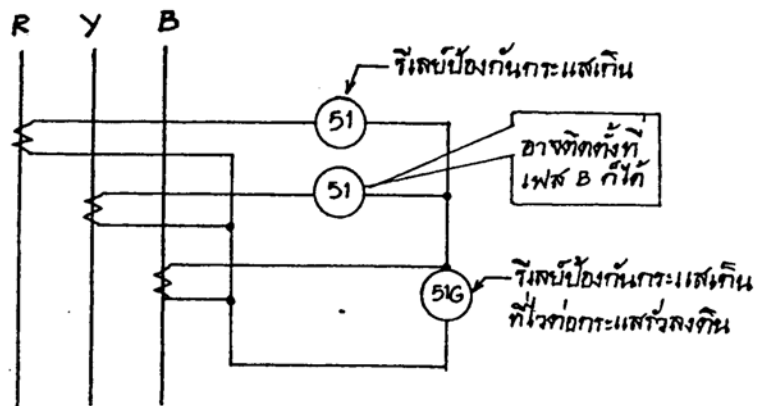
3.3 ฟิวส์ต้องสามารถตัดกระแสได้ไม่น้อยกว่าค่าสูงสุดของกระแสลัดวงจรที่อาจ เกิดขึ้นในทุกจุดต่อสายด้านไฟออก

3.4 สวิตซ์อัตโนมัติ ต้องเป็นแบบปลดได้โดยอิสระ และถ้าทำหน้าที่เป็นเมนสวิตซ์ จะต้องมีการแสดงว่าอยู่ในตำแหน่งปลดหรือสับ ต้องมีความสามารถในการตัดไฟได้ไม่น้อย กว่าค่ามากที่สุดของกระแสลัดวงจรที่จุดต่อสายด้านไฟออก และถ้ามีการทำงานร่วมกับ Over current relay ต้องมีลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้

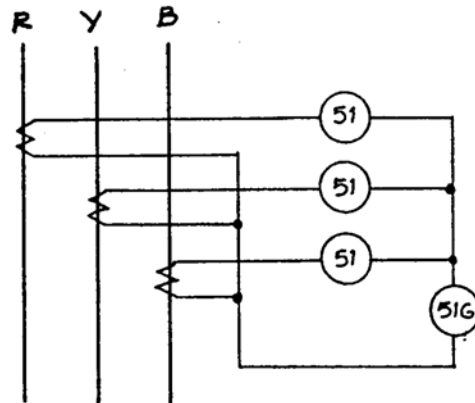
ก. มีรีเลย์ป้องกันกระแสเกิน 2 ตัว ควบคุมการทำงานโดยหม้อแปลงกระแสใน สายไฟ 2 เส้น และ Over current relay อีก 1 ตัวที่ไวต่อกระแสรั่วลงดิน

ข. รีเลย์ป้องกันกระแสเกิน 3 ตัว ควบคุมการทำงานโดยหม้อแปลงกระแสใน
สายไฟ 3 เส้น และ Over current relay อีก 1 ตัวที่ไวต่อกระแสรั่วลงดิน

3.5 เครื่องป้องกันกระแสเกินที่ต่อร่วมหรือติดตั้งอยู่ภายในเมนสวิตช์ระบบ
ไฟฟ้าแรงสูง ไม่บังคับให้ใช้ค่ากระแส 80 % ของพิกัดกระแสของเครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับ
โหลดต่อเนื่อง



ใช้รีเลย์ป้องกันกระแสเกิน 2 ตัว
และรีเลย์ที่ไวต่อกระแสรั่วลงดินอีก 1 ตัว



ใช้รีเลย์ป้องกันกระแสเกิน 3 ตัว
และรีเลย์ที่ไวต่อกระแสรั่วลงดินอีก 1 ตัว

รูปที่ 6

การป้องกันกระแสเกินสำหรับระบบไฟฟ้าแรงสูง
เมื่อใช้สวิตช์อัตโนมัติ

5.4 สายเมนเข้าอาคาร (Service conductor) คือสายที่ต่อจากมาตรวัดไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ เข้าไปต่อกับเมนสวิตช์ของอาคาร มีข้อกำหนดดังนี้

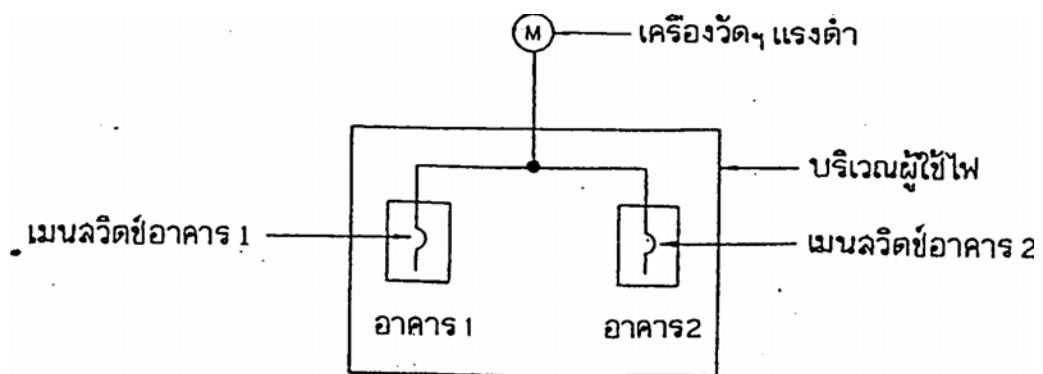
ระบบไฟฟ้าแรงต่ำ

1. สายเมนเข้าอาคารต้องมีเพียงชุดเดียวเท่านั้น ยกเว้นกรณีดังต่อไปนี้

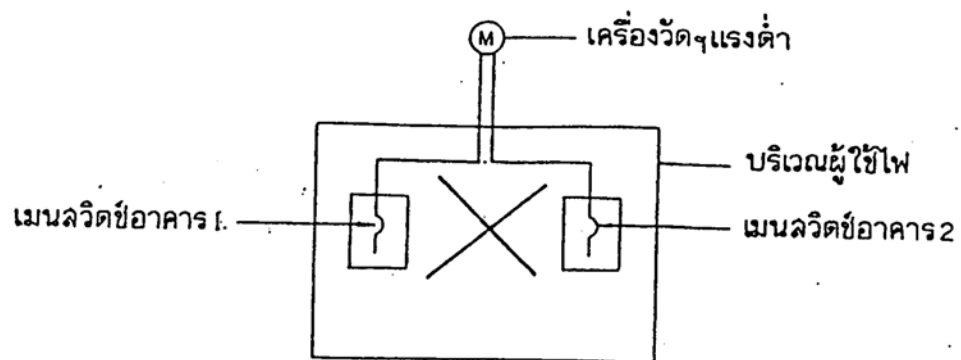
1.1 สายเมนสำรองสำหรับไฟแสงสว่างฉุกเฉินและไฟฟ้ากำลังที่สำคัญ

1.2 ผู้ใช้ไฟฟ้ามีอาคารหลายหลังอยู่ในบริเวณเดียวกันและจำเป็นต้องใช้สายเมนแยกกัน ตาม Diagram ในรูปที่ 7 โดยมีข้อกำหนดเพิ่มเติมดังนี้

1.2.1 ที่ตำแหน่งต่อแยกสายเมนจะต้องอยู่ในบริเวณผู้ใช้ไฟฟ้า จะมาต่อแยกที่เสาไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ ไม่ได้ ตาม Diagram ในรูปที่ 8



รูปที่ 7

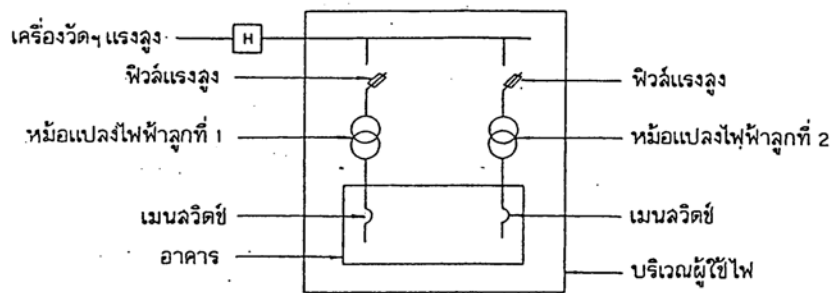


รูปที่ 8

1.2.2 ขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกินของแต่ละอาคารรวมกันแล้วต้องไม่เกิน พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินตามตารางที่ 5

1.2.3 ขนาดของสายเมนจากมาตรวัดไฟฟ้า ไปยังจุดแยกต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกินแต่ละหลังรวมกัน

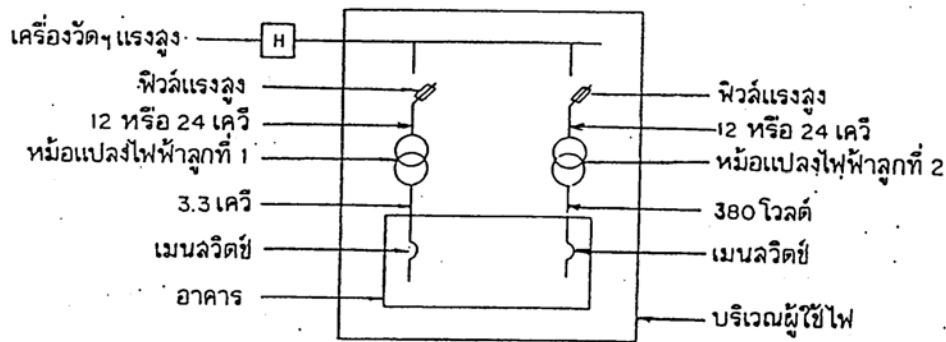
1.3 เป็นอาคารที่รับไฟฟ้าจากหม้อแปลงมากกว่า 1 ลูก ตาม Diagram ในรูปที่ 9



รูปที่ 9

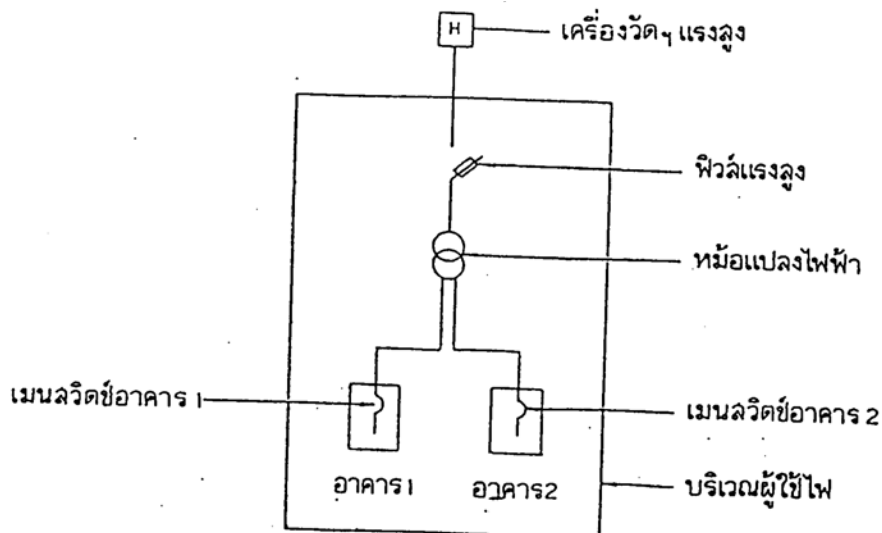
1.4 เมื่ออาคารนั้นต้องการสายเมนที่มีระดับแรงดันต่างกันตาม Diagram รูป

ที่ 10

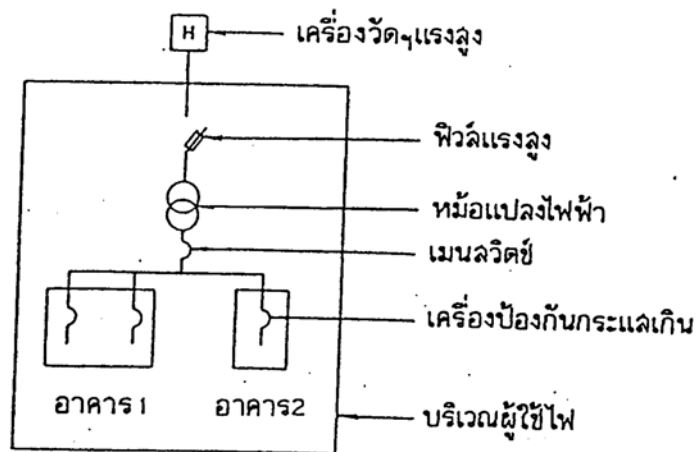


รูปที่ 10

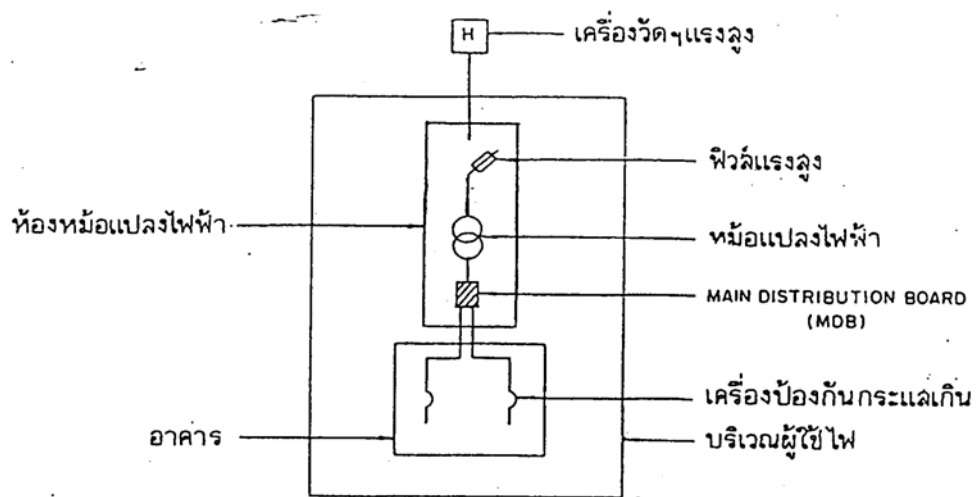
ตัวอย่างการเดินสายเมนเข้าอาคารที่ยินยอมให้กระทำ ตามรูปที่ 11,12 และ 13



รูปที่ 11

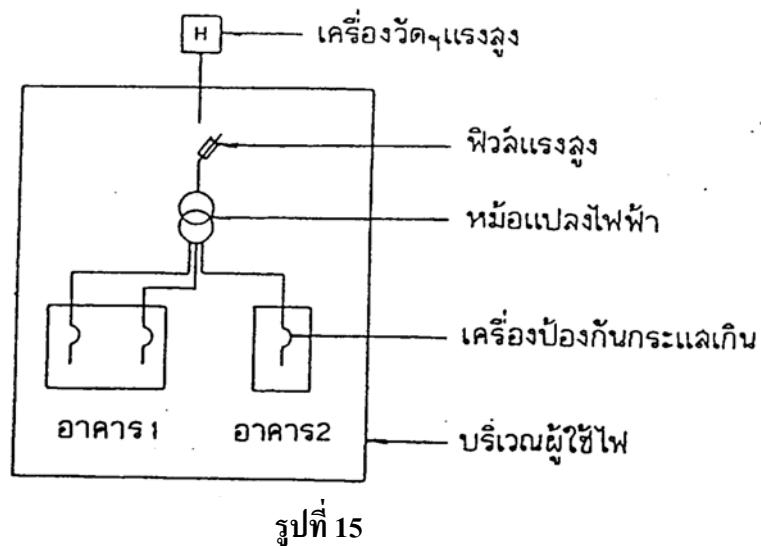
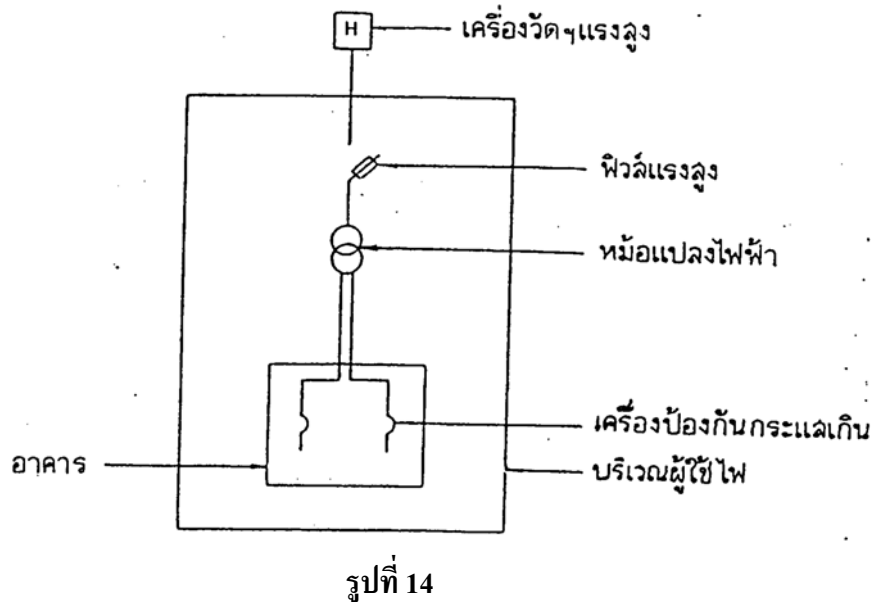


รูปที่ 12



รูปที่ 13

ตัวอย่างการเดินสายเมนที่ไม่อนุญาตให้ทำ ตามรูปที่ 14 และ 15



2. สายเมนที่เดินในอากาศสำหรับระบบไฟฟ้าแรงต่ำ ต้องเป็นสายหุ้มฉนวนที่มีขนาดพอเพียงที่จะรับโหลดได้ นอกจากจะได้กำหนดเอาไว้เป็นพิเศษ แต่ทั้งนี้ต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 4 ตร.มม.

3. สายเมนที่เป็นสายใต้ดินสำหรับระบบไฟฟ้าแรงต่ำ ต้องมีขนาดที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน มีขนาดเพียงพอที่จะรองรับโหลดได้ นอกจากจะได้กำหนดเอาไว้เป็นพิเศษ แต่ทั้งนี้ต้องมี

ขนาดไม่น้อยกว่า 10 ตร.มม. การติดตั้งให้ปฏิบัติตามการติดตั้งใต้ดิน การกำหนดขนาดพิกัดของสายเมนแบบใต้ดินนั้นกำหนดตามขนาดกระแสของเมนสวิตช์หรือฟักัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน ไม่ได้กำหนดจากขนาดมาตรวัดไฟฟ้าของการไฟฟ้า ฯ

สำหรับระบบไฟฟ้าแรงสูง สายเมนเข้าอาคารสามารถแยกได้หากเป็นสายเมนที่เดินในอากาศหรือใต้ดิน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. สายเมนเดินในอากาศสำหรับระบบไฟฟ้าแรงสูง ต้องมีขนาดเพียงพอที่จะรับโหลดได้ จะเป็นสายเปลือยหรือสายหุ้มฉนวนก็ได้ สำหรับสถานที่ซึ่งอาจจะมีบุคคลซึ่งไม่มีหน้าที่เกี่ยวข้องอาจไปสัมผัสได้ต้องมีป้ายหรือเครื่องหมายเตือนอันตรายเอาไว้ด้วย

2. สายเมนใต้ดินระบบไฟแรงสูง ให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับระบบไฟแรงต่ำ และมีข้อกำหนดเพิ่มเติม คือควรทำป้ายระบุแนวของสายใต้ดิน และบอกความลึกของสายเส้นบนสุด ป้ายต้องมองเห็นได้ชัดเจน และมีระยะห่างกันไม่เกิน 50 เมตร และต้องมีแผนผังแสดงแนวของสายใต้ดินเก็บรักษาเอาไว้พร้อมที่จะให้ดูได้ การปฏิบัติเช่นเดียวกับการเดินสายในระบบไฟฟ้าแรงต่ำ

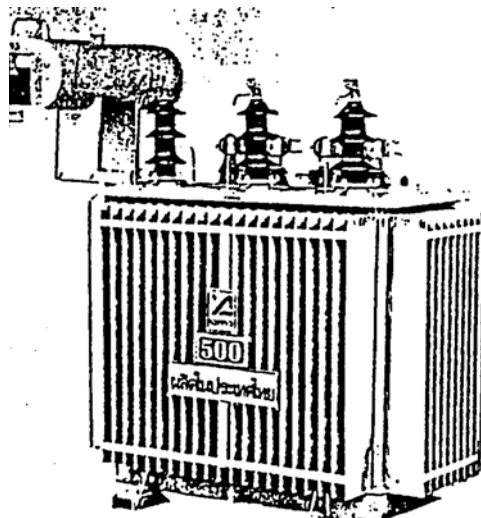
บทที่ 6

หม้อแปลงไฟฟ้า และ มอเตอร์ไฟฟ้า

6.1 หม้อแปลงไฟฟ้า

แบ่งออกได้เป็น 4 ชนิดใหญ่ๆคือ

- 1) หม้อแปลงชนิดแห้ง มีทั้งชนิดที่เป็น Cast – resin และ Air – coded ซึ่งปัจจุบันได้มีการนำแก๊ส SF6 มาใช้เป็นฉนวนและระบายความร้อนออกจากขดลวดของหม้อแปลง
- 2) หม้อแปลงชนิดฉนวนของเหลวติดไฟได้ ของเหลวที่ใช้ทำฉนวนก็คือน้ำมัน
- 3) หม้อแปลงชนิดฉนวนของเหลวติดไฟยาก ของเหลวที่บรรจุอยู่ภายในเพื่อทำหน้าที่ฉนวนและระบายความร้อน จะมีอุณหภูมิติดไฟไม่ต่ำกว่า 300 องศาเซลเซียส ฉนวนที่ใช้ต้องไม่เป็นพิษต่อบุคคลและสิ่งแวดล้อม
- 4) หม้อแปลงชนิดฉนวนของเหลวไม่ติดไฟ ปัจจุบันมีการใช้น้อยมาก เพราะในการนำฉนวนของเหลวไม่ติดไฟมาใช้จะต้องระมัดระวังเรื่องการเป็นพิษต่อบุคคลและสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 1

หม้อแปลงไฟฟ้า

การกำหนดขนาดของหม้อแปลงได้จากการคำนวณโหลดทั้งหมดที่ต่อจากหม้อแปลงนี้ เช่นเดียวกับการคำนวณโหลดของสายป้อน แต่ไม่ต้องคูณด้วย 1.25 สำหรับโหลดต่อเนื่องซึ่งจะต้องมีการคูณด้วยค่า Demand factor ซึ่งจะเป็ตัวแปรที่สำคัญในการกำหนดขนาดของหม้อแปลง เพราะถ้าใช้ค่าสูงเกินไป ก็จะทำให้ขนาดหม้อแปลงโตเกินความจำเป็น และถ้ากำหนดค่าต่ำเกินไป ก็อาจจะทำให้หม้อแปลงเกิดภาวะโหลดเกิน Overload ได้

ตามมาตรฐาน IEC 354 ในการผลิตหม้อแปลง กำหนดเอาไว้ว่าในสภาวะการใช้งานปกติ อุณหภูมิขดลวดของหม้อแปลงที่มีค่าสูงสุด (Hot spot temperature) ไม่ควรเกิน 98 °C ที่ค่านี้หม้อแปลงจะมีอายุการใช้งานไม่น้อยกว่า 30 ปี และถ้าอุณหภูมินี้สูงถึง 140 °C จะทำให้หม้อแปลงนี้ชำรุดเสียหายได้

ในกฎการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า ไม่ได้กำหนดวิธีการกำหนดขนาดของหม้อแปลงเอาไว้ นอกจากจะระบุเอาไว้ในเรื่องอาคารชุด อาคารสูง และอาคารขนาดใหญ่พิเศษ ซึ่งกล่าวเอาไว้ในบทที่ 7

การป้องกันกระแสเกิน

หม้อแปลงต้องมีการป้องกันกระแสเกินทั้งทางด้านไฟเข้าและไฟออก ขนาดปรับตั้งไม่เกินค่าในตารางที่ 1 แต่ถ้าค่าที่คำนวณได้ตามตารางที่ 1 ไม่ตรงกับขนาดมาตรฐานของผู้ผลิต ยอมให้ใช้ขนาดใกล้เคียงที่สูงถัดขึ้นไปอีกได้

ตารางที่ 1

ขนาดปรับตั้งสูงสุดสำหรับเครื่องป้องกันกระแสเกินของหม้อแปลงไฟแรงสูง

Impedance Of Transformer	In put		Out put		
	> 750 Volt		> 750 Volt		≤ 750 Volt
	สวิตช์อัตโนมัติ	ฟิวส์	สวิตช์อัตโนมัติ	ฟิวส์	สวิตช์อัตโนมัติ / ฟิวส์
ไม่เกิน 6 %	600 %	300 %	300 %	250 %	125 %
เกิน 6% แต่ไม่เกิน 10 %	400 %	300 %	250 %	225 %	125 %

ข้อกำหนดเฉพาะสำหรับการติดตั้งหม้อแปลงแบบต่างๆ

1. หม้อแปลงแห้งสำหรับติดตั้งในอาคาร ต้องอยู่ห่างจากวัตถุติดไฟไม่น้อยกว่า 30 ซม. นอกจากจะกั้นด้วยแผ่นกั้นความร้อน หรืออยู่ในห้องหม้อแปลง

1.1 หม้อแปลงแบบแห้งขนาดไม่เกิน 112.5 KVA และแรงดันไม่เกิน 24 KV อยู่ในสิ่งห่อหุ้มที่ปิดส่วนที่มีไฟฟ้าไว้อย่างมิดชิด ไม่ต้องอยู่ในห้องหม้อแปลง

1.2 หม้อแปลงแบบแห้งขนาดไม่เกิน 112.5 KVA และแรงดันไม่เกิน 24 KV Insulation system temperature ≥ 150 °C อยู่ในสิ่งห่อหุ้มที่ปิดส่วนที่มีไฟฟ้าไว้อย่างมิดชิด ไม่ต้องอยู่ในห้องหม้อแปลงแต่ต้องอยู่ห่างจากผนังไม่น้อยกว่า 180 ซม. และห่างจากเพดานไม่น้อยกว่า 360 ซม. นอกจากจะกั้นด้วยแผ่นกั้นความร้อน

2. หม้อแปลงแบบแห้งชนิดติดตั้งภายนอกอาคาร ต้องมีเครื่องห่อหุ้มที่ทนต่อสภาพอากาศ และต้องอยู่ห่างจากวัตถุติดไฟไม่น้อยกว่า 30 ซม.

3. หม้อแปลงชนิดของเหลวไม่ติดไฟ (Nonflammable fluid-insulated transformer) หม้อแปลงชนิดนี้ยอมให้ติดตั้งได้ทั้งภายนอกและภายในอาคาร ถ้าติดตั้งภายในอาคาร ละมีแรงดันเกิน 24 KV ต้องติดตั้งในห้องหม้อแปลงเท่านั้น

4. หม้อแปลงชนิดของเหลวติดไฟได้ติดตั้งภายในอาคาร ต้องติดตั้งภายในห้องหม้อแปลง ยกเว้น หม้อแปลงที่ใช้กับเตาหลอมไฟฟ้า ขนาดไม่เกิน 75 KVA หากไม่อยู่ในห้องหม้อแปลงต้องมีรั้วล้อมรอบ และระยะห่างระหว่างรั้วกับหม้อแปลงต้องไม่น้อยกว่า 100 ซม.

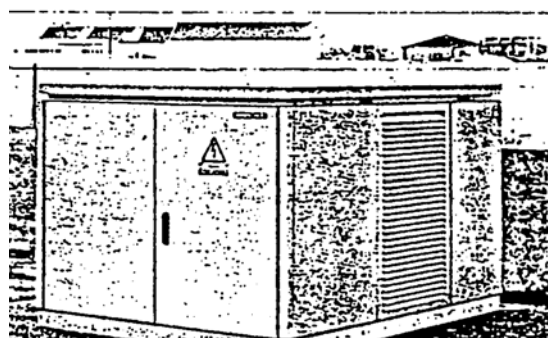
5. หม้อแปลงชนิดของเหลวติดไฟได้ติดตั้งภายนอกอาคาร หม้อแปลงที่ติดตั้งใกล้วัตถุ หรืออาคารที่ติดไฟได้ ต้องมีการป้องกันไฟที่เกิดจากของเหลวของหม้อแปลงลุกลามไปติดวัตถุติดไฟได้ หรือลุกลามไปติดอาคาร หรือส่วนของอาคารที่ติดไฟได้

6. หม้อแปลงชนิดของเหลวติดไฟยากติดตั้งภายในอาคาร หากติดตั้งหม้อแปลงชนิดนี้ภายในอาคารซึ่งติดไฟได้ หรือติดตั้งใกล้กับวัตถุที่ติดไฟได้ หม้อแปลงต้องติดตั้งในห้องหม้อแปลง หรือต้องมีระบบดับเพลิงอัตโนมัติและระบบกันเก็บของเหลวที่รั่วไหลออกมา

หากเป็นอาคารที่ไม่ติดไฟตาม Type I หรือ Type II ตาม NFPA 220-1985 หรือเทียบเท่า และไม่มีวัสดุที่ติดไฟได้ ในพื้นที่ติดตั้งหม้อแปลง ไม่ต้องมีระบบดับเพลิงอัตโนมัติ

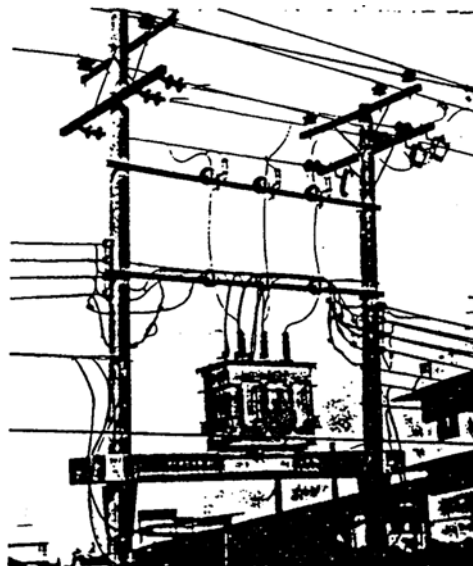
7. หม้อแปลงชนิดของเหลวติดไฟยากติดตั้งภายนอกอาคาร ใช้หลักเกณฑ์เดียวกับการติดตั้งหม้อแปลงชนิดของเหลวติดไฟได้ติดตั้งภายนอกอาคาร

8. ส่วนที่เป็นโลหะต้องต่อลงดิน โดยตัวนำสำหรับต่อกับหลักดิน ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 35 ตร.มม.

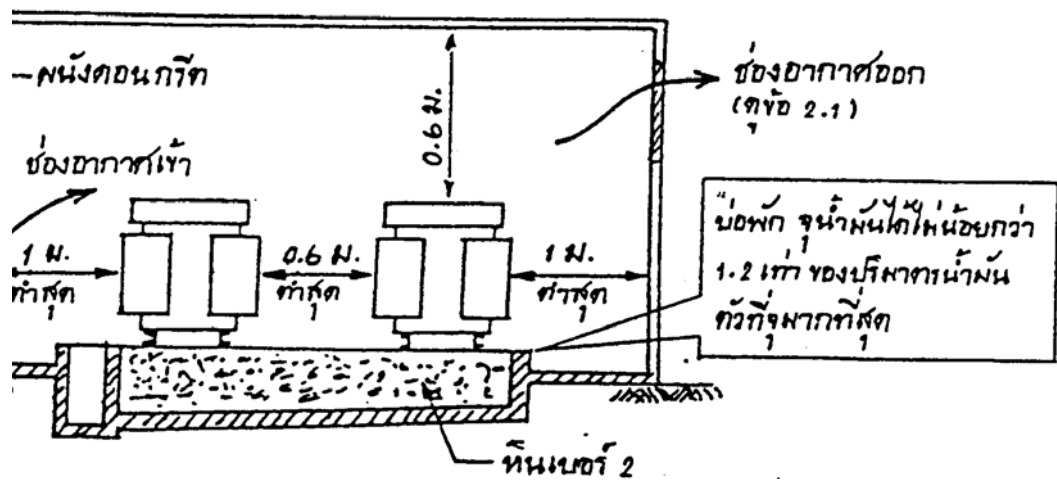


รูปที่ 2

หม้อแปลงติดตั้งในเครื่องห่อหุ้ม



รูปที่ 3
หม้อแปลงติดตั้งบนนั้ร้านภายนอกอาคาร



รูปที่ 4
ห้องหม้อแปลง

ห้องหม้อแปลงสำหรับนวนของเหลวติดไฟได้และของเหลวติดไฟยาก

1. ต้องอยู่ในสถานที่ที่สามารถขนย้ายหม้อแปลงทั้งลูกเข้า ออกได้ และสามารถระบายอากาศออกสู่ภายนอกได้ หากใช้ท่อลมต้องเป็นชนิดทนไฟ ห้องหม้อแปลงต้องเข้าถึงได้โดยสะดวกสำหรับผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องสำหรับการบำรุงรักษา

2. ระยะห่างระหว่างหม้อแปลงกับผนังหรือประตูห้องหม้อแปลงต้องไม่น้อยกว่า 100 ซม. และระยะห่างระหว่างหม้อแปลงด้วยกันต้องไม่น้อยกว่า 60 ซม. บริเวณที่วางซึ่งอยู่เหนือหม้อแปลงหรือเครื่องห่อหุ้มหม้อแปลงไม่น้อยกว่า 60 ซม.
3. การระบายอากาศ ช่องระบายอากาศควรอยู่ห่างจากประตู หน้าต่าง ทางหนีไฟ และวัตถุที่ติดไฟได้ให้มากที่สุด อุณหภูมิภายในห้องหม้อแปลงไม่ควรเกิน 40°C การระบายความร้อนกระทำได้โดยวิธีใดวิธีหนึ่งดังนี้
 - 3.1 ใช้ระบบหมุนเวียนอากาศตามธรรมชาติ ต้องมีช่องทางเข้าและทางออกโดยให้อยู่คนละผนังกัน ห้ามอยู่บนผนังเดียวกัน โดยที่ช่องทางเข้าจะต้องอยู่สูงจากพื้นห้องไม่น้อยกว่า 10 ซม. ส่วนช่องทางออกจะต้องอยู่ใกล้เพดานหรือหลังคา และอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้อากาศถ่ายเทผ่านหม้อแปลงได้ดี ขนาดพื้นที่ของช่องระบายอากาศแต่ละด้านจะต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 10 ตร.ซม./KVAของหม้อแปลงขณะใช้งานและไม่น้อยกว่า 500 ตร.ซม. ช่องระบายอากาศทั้งด้านเข้าและออกจะต้องมีลวดตาข่ายปิดกันเอาไว้ด้วย
 - 3.2 ระบายความร้อนด้วยพัดลม ช่องระบายอากาศทางด้านเข้าจะต้องมีขนาดตามที่คำนวณได้ในข้อ 3.1 ส่วนช่องทางด้านออกให้ติดตั้งพัดลมดูดอากาศโดยจะต้องสามารถดูดอากาศได้ไม่น้อยกว่า 8.40 ลบ.ม. ต่อหนึ่งกิโลวัตต์ของกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียทั้งหมดของหม้อแปลงเมื่อมีโหลดเต็มที่
 - 3.3 ระบายความร้อนด้วยเครื่องปรับอากาศ เครื่องปรับอากาศที่ใช้จะต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 3,412 B.T.U. ต่อชั่วโมง ต่อหนึ่งกิโลวัตต์ ของกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียทั้งหมดของหม้อแปลงเมื่อมีโหลดเต็มที่
4. ผนังและหลังคาห้องหม้อแปลงต้องสร้างด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรงทางโครงสร้างเพียงพอกับสภาพการใช้งานและไม่ติดไฟ ผนังของห้องหม้อแปลงต้องสร้างด้วยวัสดุที่มีความหนาดังนี้
 - 4.1 คอนกรีตเสริมเหล็กมีความหนาไม่น้อยกว่า 12.5 ซม. หรือ
 - 4.2 อิฐ คอนกรีต คอนกรีตบล็อก มีความหนาไม่น้อยกว่า 20 ซม.
5. พื้นห้องหม้อแปลง ต้องสร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กหนาไม่น้อยกว่า 12.5 ซม.และต้องรับน้ำหนักหม้อแปลงและเครื่องประกอบอื่นๆ ได้อย่างปลอดภัย พื้นห้องหม้อแปลงต้องลาดเอียงมีทางระบายจนวนของเหลวของหม้อแปลงไปยังบ่อพักที่บรรจุหินเบอร์ 2 จนเต็ม ซึ่งบ่อพักดังกล่าวสามารถบรรจุของเหลวได้อีกอย่างน้อย 3 เท่าของปริมาณของเหลวของหม้อแปลงตัวที่มีปริมาณมากที่สุดได้ ถ้าบ่อพักอยู่ภายนอกอาคารต้องมีท่อระบายที่ทนความร้อนขนาดไม่เล็กกว่า 50 มม. เพื่อระบายของเหลวจากหม้อแปลงไปลงบ่อพักและที่ปลายด้านห้องหม้อแปลงต้องมีลวดตาข่ายปิดเอาไว้ด้วย

6. ประตูห้องหม้อแปลงต้องทำด้วยเหล็กแผ่นหนาไม่น้อยกว่า 1.6 มม.ซึ่งป้องกันการสุกกร่อน และมีที่จับสำหรับเปิดออกได้ ตัวประตูต้องมีการติดตั้งให้มั่นคงแข็งแรง นอกจากนี้ยังต้องมีประตูฉุกเฉินเป็นประตูสำรอง ซึ่งสามารถเปิดออกภายนอกได้โดยสะดวก
7. ต้องมีธรณีประตูสูงไม่น้อยกว่า 10 ซม.
8. เครื่องปลดวงจรที่ติดตั้งในห้องหม้อแปลงต้องเป็นชนิด Load break เท่านั้น
9. เครื่องห่อหุ้มส่วนที่มีไฟฟ้าทั้งหมดต้องเป็นวัสดุที่ไม่ติดไฟ
10. ส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่ง และไม่ใช่เป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้า ต้องต่อลงดิน ตามที่กำหนด ในการต่อลงดิน ตัวนำที่ต่อเข้ากับหลักดินต้องเป็นทองแดงขนาดไม่น้อยกว่า 35 ตร.มม.
11. ห้องหม้อแปลงต้องมีแสงสว่างเพียงพอ โดยมีขนาดไม่น้อยกว่า 8 วัตต์/ตร.ม.
12. ควรมีคู่มือหรือแผ่นภาพแสดงการผายปอดด้วยการเป่าปาก(Mouse to mouse) ไว้ในสถานที่ ซึ่งเข้าถึงโดยสะดวก
13. ต้องมีเครื่องมือดับเพลิง ชนิดที่ใช้กับไฟฟ้า ซึ่งสามารถฉีดได้ไม่น้อยกว่า 15 วินาที ติดตั้ง เอาไว้ที่ผนังด้านนอกห้องหม้อแปลง
14. ถ้าบริเวณห้องที่ติดตั้งหม้อแปลงมีการติดตั้งเครื่องดับเพลิงอัตโนมัติ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ หรือ Halon หรือน้ำ ขอมให้ความหนาของผนังห้องลดลงได้ดังนี้
 - 14.1 คอนกรีตเสริมเหล็กมีความหนาไม่น้อยกว่า 6.5 ซม. หรือ
 - 14.2 อิฐ คอนกรีต คอนกรีตบล็อก มีความหนาไม่น้อยกว่า 10 ซม.
15. ระบบท่ออื่นๆที่ไม่เกี่ยวกับระบบไฟฟ้า ไม่อนุญาตให้เดินผ่านเข้าไปในห้องหม้อแปลง ยกเว้น ท่อสำหรับดับเพลิง หรือระบบระบายความร้อนของหม้อแปลง
- 16 ห้ามเก็บวัสดุที่ไม่เกี่ยวกับงานไฟฟ้า หรือวัสดุเชื้อเพลิงไว้ในห้องหม้อแปลงโดยเด็ดขาด

ห้องหม้อแปลงสำหรับฉนวนของเหลวไม่ติดไฟ

ใช้ข้อกำหนดเช่นเดียวกับหม้อแปลงของเหลวติดไฟได้ ยกเว้นไม่ต้องมีบ่อพัก แต่ต้องสามารถระบายน้ำหรือของเหลวออกจากห้องหม้อแปลงได้ สำหรับความหนาของผนังห้องให้เป็นไปตามข้อ 14.1 และ 14.2

ห้องหม้อแปลงสำหรับหม้อแปลงแบบแห้ง

ใช้ข้อกำหนดเช่นเดียวกับหม้อแปลงของเหลวติดไฟได้ ยกเว้นไม่ต้องมีบ่อพักและท่อระบายของเหลว สำหรับความหนาของผนังห้องให้เป็นไปตามข้อ 14.1 และ 14.2

ลานหม้อแปลงอยู่ภายนอกอาคาร (Out door yard)

หม้อแปลงที่อยู่ภายนอกอาคาร ต้องอยู่ในที่ล้อมซึ่งอาจเป็นรั้ว หรือกำแพงก็ได้ เพื่อให้เข้าได้เฉพาะผู้ที่เกี่ยวข้องเท่านั้น

1. ที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน ส่วนที่มีไฟฟ้าของระบบไฟแรงสูงเหนือที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน ต้องอยู่สูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 275 ซม. หรือมีที่กั้นเพื่อป้องกันการสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้าโดยไม่ตั้งใจ

2. ระยะห่าง

2.1 ระยะห่างตามแนวระหว่างรั้ว หรือผนังกับส่วนที่มีไฟฟ้าแรงสูงต้องไม่น้อยกว่า 107 ซม. สำหรับแรงดัน 12 KV และ 115 ซม. สำหรับแรงดัน 24 KV

2.2 ระยะห่างตามแนวระดับระหว่างรั้ว หรือผนังกับหม้อแปลงต้องไม่น้อยกว่า 100 ซม. และระยะห่างระหว่างหม้อแปลงด้วยกันไม่น้อยกว่า 60 ซม.

3. รั้วหรือกำแพง ต้องมีขนาดความสูงไม่น้อยกว่า 250 ซม.

4. ระยะห่างระหว่างบัส ต้องไม่น้อยกว่าค่าตามตารางที่ 2 การวัดระยะห่างให้วัดระยะจากผิวถึงผิวที่อยู่ใกล้กันที่สุด ยกเว้นระยะห่างระหว่างบัสตรงช่องที่ต่อเข้ากับเครื่องอุปกรณ์ เช่น สวิตช์เกียร์ และหม้อแปลง อนุญาตให้ลดขนาดลงได้ แต่ต้องไม่น้อยกว่าระยะห่างขั้วต่อสาย หรือบุชชิ่งของอุปกรณ์ที่จะต่อ โดยช่วงต่อที่มีระยะห่างต่ำกว่าค่าในตารางจะต้องหุ้มด้วยฉนวนบางส่วน (Partially insulated)

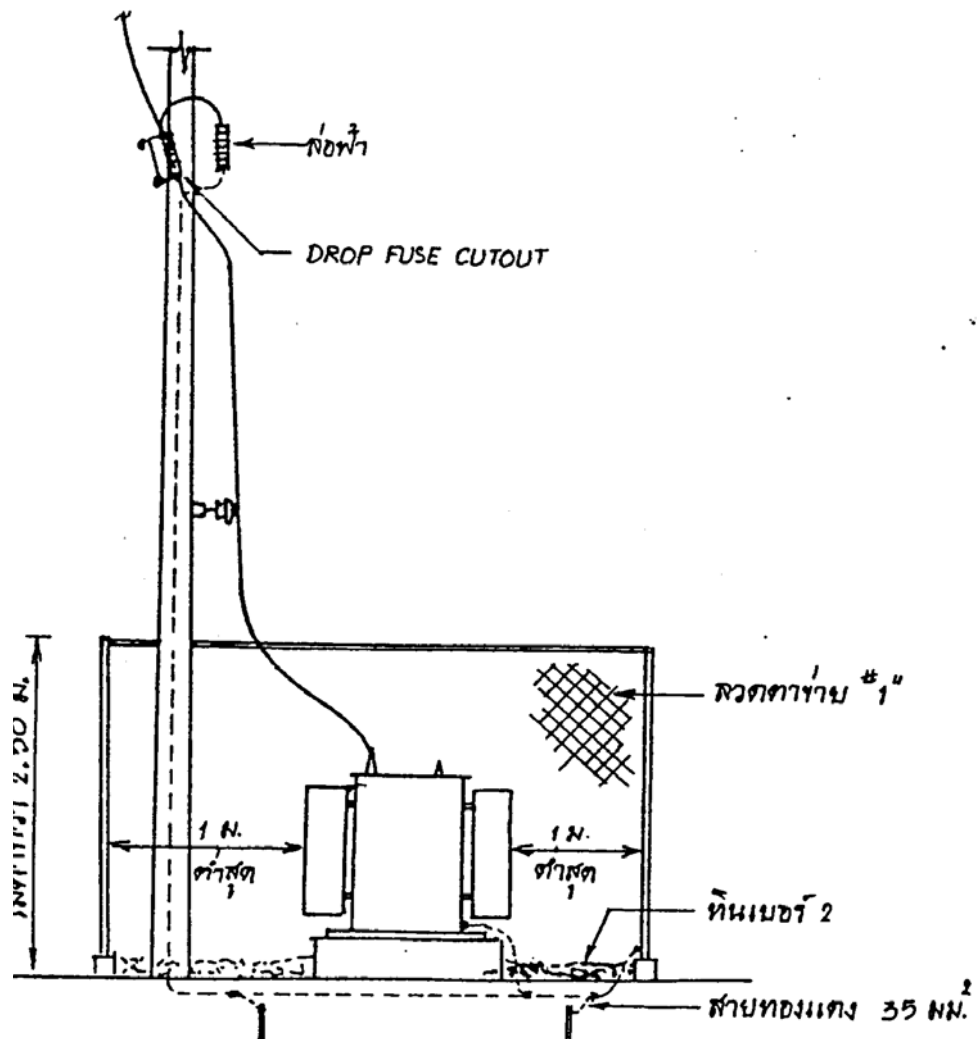
ตารางที่ 2

ระยะห่างต่ำสุดระหว่างตัวนำเส้นไฟ

ชนิดของบัส	ระยะห่าง (ซม.)	
	12 KV	24 KV
Rigid bus	15	26
String bus	45	45

5. ต้องมีแผ่นป้ายหรือสัญลักษณ์เตือน ให้ระวังอันตรายจากไฟฟ้าแรงสูงติดตั้งไว้ในสถานที่ที่เห็นได้ชัดเจน

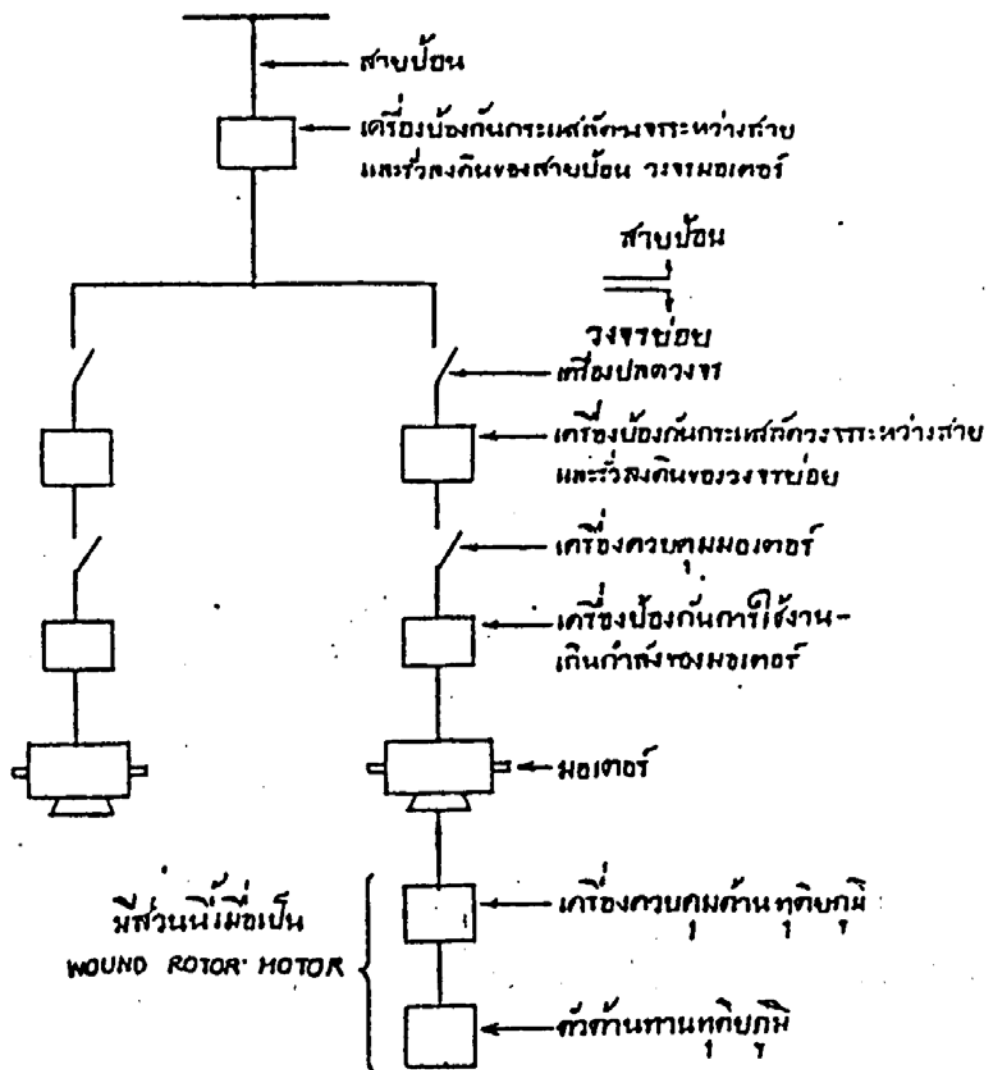
6. พื้นที่ของลานหม้อแปลง ยกเว้นส่วนที่ติดตั้งอุปกรณ์ ต้องใส่หินเบอร์ 2 หนาอย่างน้อย 10 ซม. เพื่อให้ น้ำมันหม้อแปลงซึมลงได้หินเมื่อเกิดการรั่ว หรือเมื่อหม้อแปลงระเบิดและเกิดเพลิงไหม้หม้อแปลง



รูปที่ 5
 ลานหม้อแปลง

6.2 มอเตอร์

โหลดที่เป็นมอเตอร์ กำหนดขนาดสายไฟฟ้าฟักัดเครื่องป้องกันกระแสเกินมีข้อพิเศษไปจาก โหลดแสงสว่างและเครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างอื่นอยู่บ้าง เนื่องจากในวงจรมอเตอร์ปกติจะมีเครื่องป้องกันการ ใช้งานเกินกำลัง (Over load protection) ติดตั้งอยู่ในวงจรมอเตอร์แต่ละตัวอยู่แล้ว วงจรมอเตอร์ โดยทั่วไป จะมีส่วนประกอบดังแสดงตามรูปที่ 6

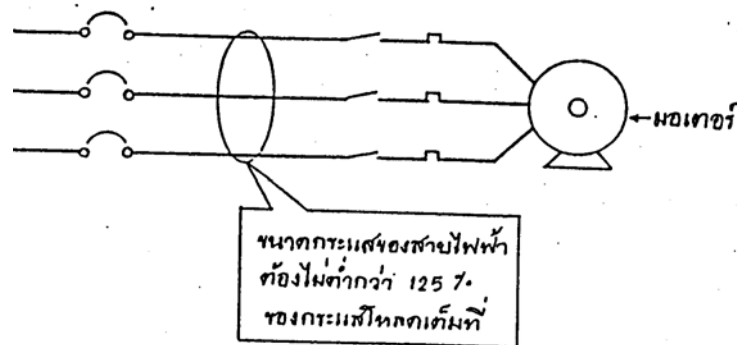


รูปที่ 6

วงจรมอเตอร์โดยทั่วไป

1. การกำหนดขนาดของสายไฟฟ้าของวงจรมอเตอร์

- 1.1 วงจรที่มีมอเตอร์เครื่องเดียว ตามรูปที่ 7 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 125% ของกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ ถ้าเป็นมอเตอร์ที่มีความเร็วหลายค่า จะเลือกเอาค่าที่สูงสุด แต่อย่างไรก็ตามสายไฟฟ้าที่ใช้จะต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 1.5 มม. พิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ดูได้จากตารางที่ 7,8 และ 9



รูปที่ 7

ตัวอย่างที่ 1 จงกำหนดขนาดกระแสต่ำสุดของสายไฟฟ้าวงจรมอเตอร์ตัวหนึ่ง ขนาด 10 แรงม้า แรงดัน 380 V 3 เฟส ชนิด Induction motor

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ จากตารางที่ 9 มอเตอร์ขนาด 10 แรงม้า กระแส} &= 17 \quad \text{A} \\ \text{ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าวงจรมอเตอร์} &= 17 \times 1.25 \quad \text{A} \\ &= \underline{21.25} \quad \text{A} \end{aligned}$$

ถ้าเป็นมอเตอร์ที่ใช้งานไม่ต่อเนื่อง ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า ต้องไม่ต่ำกว่าจำนวนร้อยละของพิกัดกระแสบนแผ่นป้ายของมอเตอร์ ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3

ขนาดกระแสของสายมอเตอร์ที่ใช้งานไม่ต่อเนื่อง

ประเภทการใช้งาน	% ของพิกัดกระแสบนแผ่นป้าย			
	ใช้งาน 5 นาที	ใช้งาน 15 นาที	ใช้งาน 30 นาที และ 60 นาที	ใช้งาน ต่อเนื่อง
ใช้งานระยะสั้น เช่นมอเตอร์เปิด-ปิด วาล์ว ฯลฯ	110	120	150	-
ใช้งานเป็นระยะ เช่น ลิฟต์ มอเตอร์เปิด-ปิด สะพาน	85	85	90	140
ใช้งานเป็นคาบ เช่นมอเตอร์หมุนลูกกลิ้ง	85	90	95	140
ใช้งานที่เปลี่ยนแปลง	110	120	150	200

ถ้าเป็นมอเตอร์ชนิด Wound rotor การหาขนาดกระแสของสายที่ต่ออยู่ระหว่างตัวมอเตอร์ด้านทุติยภูมิ กับเครื่องควบคุมมอเตอร์จะเป็นดังนี้

ก. มอเตอร์ที่ใช้งานต่อเนื่อง ซึ่งหมายถึงมอเตอร์ที่ใช้งานติดต่อกันตั้งแต่ 3 ชั่วโมงขึ้นไป สายที่ต่ออยู่ระหว่างด้านทุติยภูมิของมอเตอร์กับเครื่องควบคุมมอเตอร์ด้านทุติยภูมิ ต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าร้อยละ 125 ของกระแสโหลดเต็มที่ด้านทุติยภูมิของมอเตอร์

ข. มอเตอร์ที่ไม่ได้ใช้งานต่อเนื่อง อาจจะเป็นมอเตอร์ที่มีพักการใช้งานต่อเนื่อง หรือมอเตอร์พักการใช้งานไม่ต่อเนื่อง ขนาดกระแสของสายที่ต่ออยู่ทางด้านทุติยภูมิกับเครื่องควบคุมมอเตอร์ด้านทุติยภูมิ ต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ ตามตารางที่ 3 ของกระแสโหลดเต็มที่ด้านทุติยภูมิ

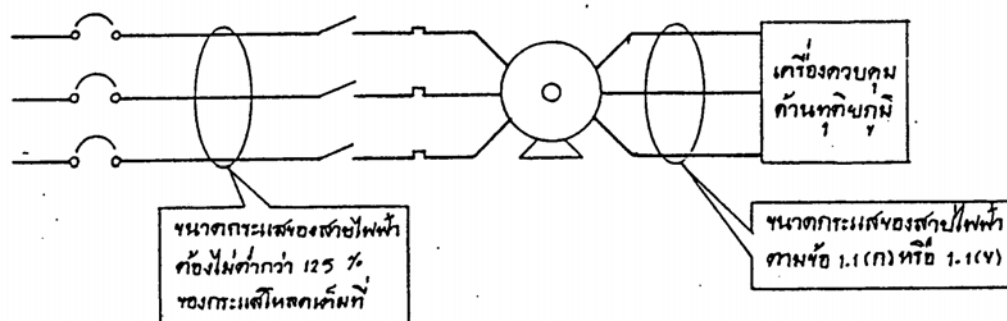
ค. ถ้ามอเตอร์มีตัวต้านทานแยกออกต่างหากจากเครื่องควบคุมขนาดของกระแสของสายที่ต่ออยู่ระหว่างเครื่องควบคุมกับตัวความต้านทาน ต้องไม่ต่ำกว่าที่กำหนดในตารางที่ 4

ตารางที่ 4

ขนาดสายระหว่างตัวความต้านทานกับเครื่องควบคุมมอเตอร์

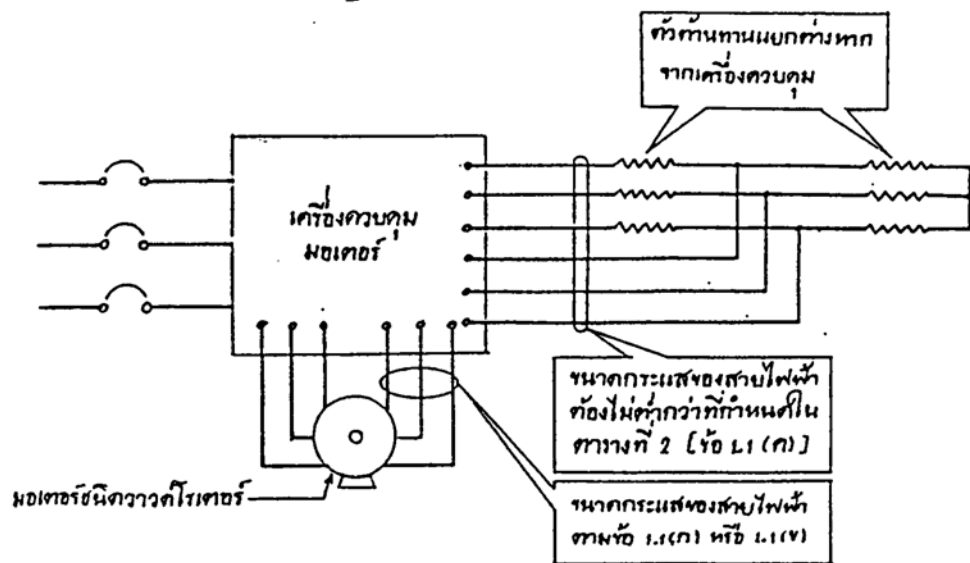
ทางด้านทุติยภูมิของ Wound Rotor Motor

ประเภทการใช้งานของตัวต้านทาน	% ของกระแสด้านทุติยภูมิเมื่อ Full load
เริ่มเดินอย่างเบา	35
เริ่มเดินอย่างหนัก	45
เริ่มเดินอย่างหนักมาก	55
ใช้งานเป็นระยะห่างมาก	65
ใช้งานเป็นระยะห่างปานกลาง	75
ใช้งานถี่	85
ใช้งานต่อเนื่อง	100



รูปที่ 8

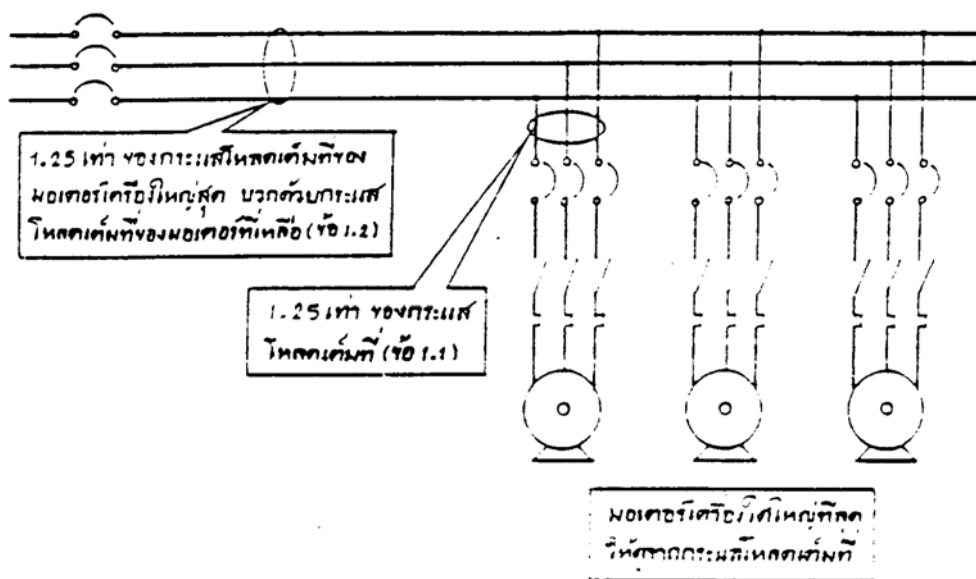
วงจรของมอเตอร์แบบ Wound rotor



รูปที่ 9

มอเตอร์ที่มีตัวความต้านทานแยกจากเครื่องควบคุมมอเตอร์

1.2 วงจรที่มีมอเตอร์หลายเครื่อง ตามรูปที่ 10 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 125% ของกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์เครื่องใหญ่ที่สุดในวงจร บวกด้วยกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ที่เหลือในวงจร ถ้ามีมอเตอร์เครื่องใหญ่ที่สุดเท่ากันอยู่หลายเครื่อง จะคิด 1.25 เท่าเพียงเครื่องเดียว การพิจารณาว่ามอเตอร์ตัวใดใหญ่ที่สุด ให้ดูจากค่ากระแสโหลดเต็มที่ที่มีค่ามากที่สุด



รูปที่ 10

วงจรที่มีมอเตอร์หลายเครื่อง

ตัวอย่างที่ 2 จากวงจรในรูปที่ 10 มอเตอร์แต่ละตัวมีรายละเอียดดังนี้

1. ขนาด 50 แรงม้า, 380 โวลต์, 3 เฟส, Squirrel case induction motor
2. ขนาด 30 แรงม้า, 380 โวลต์, 3 เฟส, Wound rotor induction motor
3. ขนาด 25 แรงม้า, 380 โวลต์, 3 เฟส, Synchronous motor

มอเตอร์ทั้งหมดเป็นแบบใช้งานต่อเนื่อง จงหาขนาดกระแสของสายไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์แต่ละตัว และขนาดกระแสของสายป้อนวงจรมอเตอร์นี้

วิธีทำ ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับขนาดกระแสของมอเตอร์เมื่อมีโหลดสูงสุด ซึ่งจะได้จากตารางที่ 9 ดังนี้

ขนาด 50 แรงม้า กระแสโหลดเต็มที่	=	79	A
ขนาด 30 แรงม้า กระแสโหลดเต็มที่	=	49	A
ขนาด 25 แรงม้า กระแสโหลดเต็มที่	=	32	A
มอเตอร์ขนาด 50 แรงม้า ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า	=	1.25×79	= 98.75 A
มอเตอร์ขนาด 30 แรงม้า ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า	=	1.25×49	= 61.25 A
มอเตอร์ขนาด 25 แรงม้า ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า	=	1.25×32	= 40 A
มอเตอร์เครื่องใหญ่ที่สุดคือ ขนาด 50 แรงม้า ซึ่งมีกระแสโหลดสูงสุด 79 A			
ขนาดกระแสของสายป้อน	=	$(1.25 \times 79) + 49 + 32$	
	=	<u>179.75 A</u>	

สำหรับวงจรที่มีมอเตอร์หลายเครื่องแต่มีมอเตอร์ที่ไม่ได้ใช้งานต่อเนื่องรวมอยู่ด้วย การคำนวณให้ดำเนินการดังนี้

ก. หาขนาดของสายสำหรับมอเตอร์ที่ไม่ได้ใช้งานต่อเนื่องตามตารางที่ 3

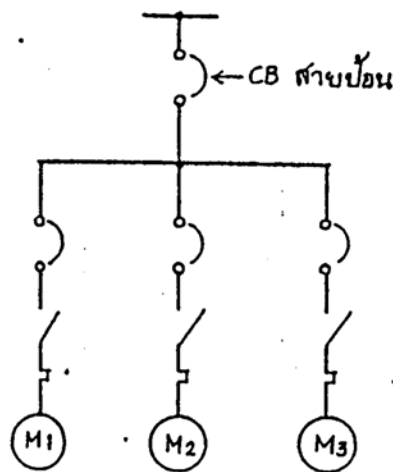
ข. หาขนาดของกระแสของสายสำหรับมอเตอร์ที่ใช้งานต่อเนื่อง ตามตารางที่ 7, 8 หรือ 9 แล้วแต่กรณี โดยใช้ค่ากระแสโหลดเต็มที่ซึ่งอ่านค่าได้จากตาราง

ค. เปรียบเทียบค่าที่ได้ของมอเตอร์ทุกเครื่อง จากข้อ ก. และ ข. เลือกค่าที่มากที่สุดคูณด้วย 1.25 และบวกด้วยค่ากระแสของสายที่เหลือ จะได้ขนาดกระแสของสายป้อนวงจรมอเตอร์

ตัวอย่างที่ 3 จากรูปที่ 11 มีรายละเอียดประกอบดังนี้

- M1 ขนาด 50 Hp, 380 V, 3P: พิกัดใช้งาน 5 นาที เป็นแบบ Squirrel case induction motor
- M2 ขนาด 30 Hp, 380 V, 3P: พิกัดใช้งาน 15 นาที เป็นแบบ Wound rotor induction motor
- M3 ขนาด 40 Hp, 380 V, 3P: พิกัดใช้งานต่อเนื่อง เป็นแบบ Synchronous motor

จงกำหนดขนาดของกระแสของสายทั้งหมด



รูปที่ 11

วิธีทำ จากตัวอย่างเราต้องดำเนินการคำนวณตามวิธีการในข้อ 1.2 ก, 1.2 ข, และ 1.2 ค ดังนี้

M1 เป็นมอเตอร์ใช้งาน 5 นาที่ จากตารางที่ 3 จะได้ค่ากระแสของสายไม่ต่ำกว่า 85% เมื่อโหลดเต็มที่

จากตารางที่ 7 จะได้ค่ากระแสเมื่อโหลดเต็มที่ เท่ากับ 79 แอมแปร์

ดังนั้นค่ากระแสของสายสำหรับ M1 = $0.85 \times 79 = 67.15$ แอมแปร์

M2 เป็นมอเตอร์ใช้งาน 15 นาที่ จากตารางที่ 3 จะได้ค่ากระแสของสายไม่ต่ำกว่า 110% เมื่อโหลดเต็มที่

จากตารางที่ 7 จะได้ค่ากระแสเมื่อโหลดเต็มที่ เท่ากับ 49 แอมแปร์

ดังนั้นค่ากระแสของสายสำหรับ M2 = $1.1 \times 49 = 53.9$ แอมแปร์

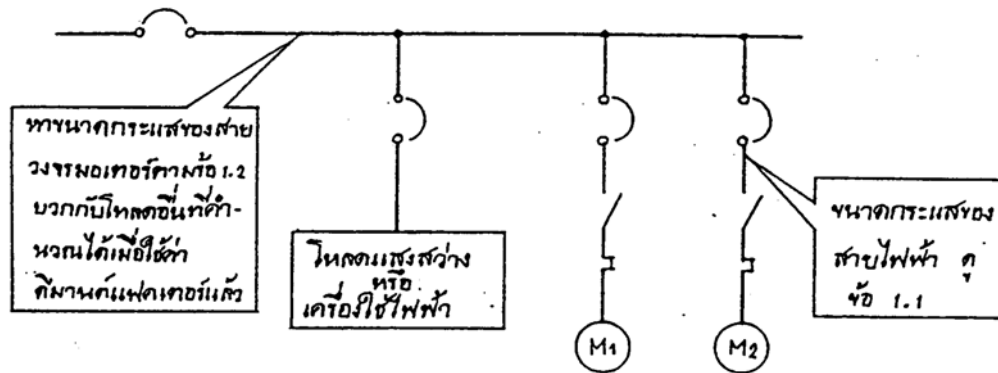
M3 เป็นมอเตอร์ใช้งาน ต่อเนื่อง จากตารางที่ 7 จะได้ค่ากระแสเมื่อโหลดเต็มที่ เท่ากับ 50 แอมแปร์

ดังนั้นค่ากระแสของสายสำหรับ M3 = $1.25 \times 50 = 62.5$ แอมแปร์

การกำหนดขนาดของสายป้อนต้องเปรียบเทียบจากมอเตอร์ทั้ง 3 เครื่อง เพื่อหามอเตอร์ใหญ่ที่สุด โดย M3 จะใช้ค่ากระแสของสายเพียง 100% มาเปรียบเทียบซึ่งก็คือ 50 แอมแปร์ ดังนั้นมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดคือ M1 ขนาดกระแสของสายป้อนจึงคำนวณได้ดังนี้

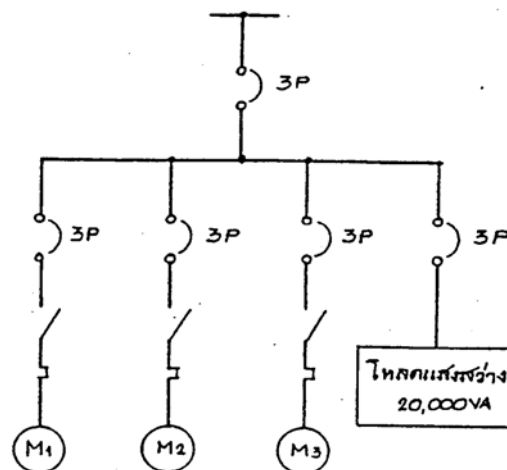
$$\begin{aligned} \text{ขนาดกระแสของสายป้อน} &= (1.25 \times 67.15) + 53.9 + 62.5 & \text{A} \\ &= 200.3 & \text{A} \end{aligned}$$

วงจรที่มีมอเตอร์รวมอยู่กับโหลดอื่นๆ เช่น โหลดแสงสว่าง โหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดต่างๆ เช่น เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องหุงต้มไฟฟ้า เป็นต้น การกำหนดขนาดของสายก็ดำเนินการตามข้อ 1.1 หรือ 1.2 แล้วรวมกับโหลดอื่นๆ ตามที่คำนวณได้ในแต่ละเรื่อง



รูปที่ 12

ตัวอย่างที่ 4 จากรูปที่ 13 มอเตอร์ M1, M2 และ M3 มีค่าตามตัวอย่างที่ 3 จงหาขนาดของกระแสของสายป้อนวงจร เมื่อมีโหลดแสงสว่างซึ่งคิดค่า Demand factor แล้ว มาต่อรวมอยู่ด้วย ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13

วิธีทำ ต้องคำนวณขนาดกระแสของสายป้อนวงจรมอเตอร์ก่อน แล้วจึงค่อยนำมารวมกับ โหลดของสายป้อนวงจรแสงสว่าง

จากตัวอย่างที่ 3 เราจะได้โหลดของสายป้อนวงจรมอเตอร์เท่ากับ 200.3 แอมแปร์

หาโหลดแสงสว่างกำหนดให้เป็นแบบ 3 เฟส

จะได้โหลดแสงสว่าง
$$= 20000 / (\sqrt{3} \times 380) \text{ A}$$

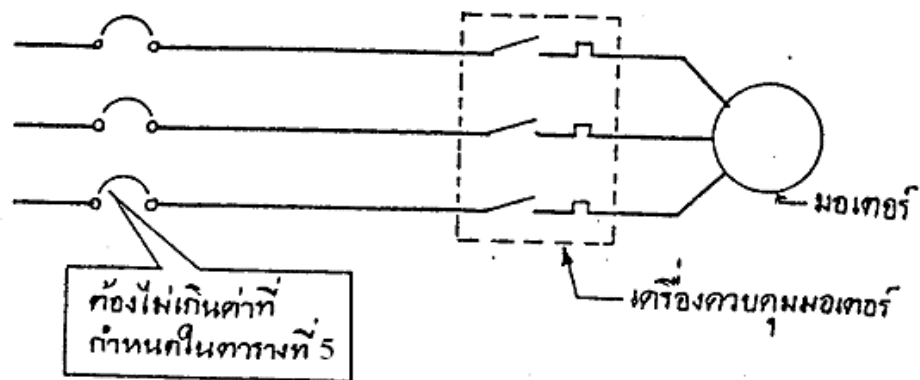
$$= 30.39 \quad \text{A}$$

ขนาดกระแสของสายป้อนวงจร

$$= 200.3 + 30.39 = 230.69 \text{ A}$$

2. การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจร ในวงจรมอเตอร์จะมีเครื่องป้องกันกระแสเกินอยู่ 2 ตัวด้วยกัน ซึ่งทำหน้าที่แตกต่างกัน คือ เครื่องป้องกันกระแสเกินเนื่องจากใช้งานเกินกำลัง (Overload Protection) และเครื่องป้องกันกระแสเกินเนื่องจากการลัดวงจรระหว่างสายเส้นเฟส หรือการลัดวงจรเนื่องจากรั่วลงดิน เครื่องป้องกันกระแสเกินทั้งสองมีจุดประสงค์ในการใช้งานที่ต่างกัน ดังนั้นการกำหนดค่าจึงต่างกันด้วย โดยปกติจะนิยมใช้ฟิวส์ หรือสวิตช์อัตโนมัติชนิดเวลาผกผัน

2.1 การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรระหว่างสายและรั่วลงดิน ของวงจรย่อยมอเตอร์



รูปที่ 14

การต่อแยกเข้าวงจรไม่จำเป็นต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรก็ได้ถ้าขนาดกระแสของสายแยกไม่ต่ำกว่า 1/3 ของขนาดของกระแสของสายแยก และระยะห่างจากจุดที่ต่อแยกถึงเครื่องป้องกันการลัดวงจรไม่เกิน 7.5 เมตร

ก) วงจรย่อยที่มีมอเตอร์เครื่องเดียว การกำหนดพิสัยการป้องกันกระแสลัดวงจรไม่ควรสูงเกินไป แต่ทั้งนี้ต้องให้มีค่าสูงพอที่จะไม่ปลดวงจรขณะมอเตอร์เริ่มเดิน (เนื่องจาก Starting current) การกำหนดค่าจะกำหนดตามร้อยละของกระแสเมื่อโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ ค่าที่ปรับตั้งต้องไม่เกินค่าตามตารางที่ 5 แต่ถ้าค่าที่คำนวณได้ไม่ตรงกับขนาดมาตรฐานของฟิวส์ หรือสวิตช์อัตโนมัติก็ให้เลือกใช้ขนาดที่ใกล้เคียงในลำดับที่มีค่าสูงขึ้นไปอีกลำดับชั้น ในการติดตั้งใช้งานจริงเครื่องปลดวงจรอาจจะทำการปลดวงจรได้ขณะใช้งานปกติ การไฟฟ้านครหลวงก็อนุญาตให้เปลี่ยนขนาดได้อีกดังนี้

- 1) ฟิวส์ชนิดไม่หน่วงเวลา ขนาดไม่เกิน 60 A ให้เปลี่ยนขนาดขึ้นไปได้อีกแต่ต้องไม่เกิน 400% ของกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์
- 2) ฟิวส์ชนิดไม่หน่วงเวลา ให้เปลี่ยนขนาดขึ้นไปได้แต่ต้องไม่เกิน 225% ของกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์
- 3) วงจรย่อยของ Torque motor ขนาดของเครื่องป้องกันเป็นไปตามพิภค-กระแสของเครื่องตามแผ่นป้ายประจำเครื่องที่ระบุเอาไว้ ถ้าไม่ตรงกับขนาดของฟิวส์หรือสวิตช์อัตโนมัติที่มี ให้ใช้ขนาดที่สูงกว่าที่ใกล้เคียงได้
- 4) สวิตช์อัตโนมัติชนิดเวลาผกผัน(Inverse time circuit breaker) ขนาดไม่เกิน 100 A ให้เปลี่ยนขนาดขึ้นไปได้อีกแต่ต้องไม่เกิน 400% ของกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ แต่ถ้าเกิน 300 A ให้เปลี่ยนขนาดขึ้นไปได้อีกแต่ต้องไม่เกิน 300% ของกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์
- 5) ฟิวส์ขนาดเกิน 600 A ให้เปลี่ยนขนาดขึ้นไปได้อีกแต่ต้องไม่เกิน 300% ของกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์

ตารางที่ 5

**ขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันการลัดวงจร และ
การลัดวงจรลงดินของวงจรย่อยมอเตอร์**

ชนิดมอเตอร์	% ของกระแสโหลดเต็มที่			
	ฟิวส์ ทำงานไว	ฟิวส์หน่วง เวลา	สวิตช์อัตโนมัติ ปลดทันที	สวิตช์อัตโนมัติ เวลาผกผัน
มอเตอร์เฟสเดียว ไม่มีตราอักษร	300	175	700	250
มอเตอร์กระแสสลับเฟสเดียว ทั้งหมด และ 3 เฟส แบบ Squirrel case or Synchronous ซึ่งเริ่มเดิน โดยรับแรงดันไฟฟ้าเต็มที่ หรือผ่าน การใช้ Reactor				
ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
รหัสอักษร F – V	300	175	700	250
รหัสอักษร B – E	250	175	700	200
รหัสอักษร A	150	150	700	150
มอเตอร์กระแสสลับทั้งหมด แบบ Squirrel case or Synchronous ซึ่งเริ่ม เดินโดยผ่านหม้อแปลงอัตโนมัติ				

ชนิดมอเตอร์	% ของกระแสโหลดเต็มที่			
	ฟิวส์ ทำงานไว	ฟิวส์หน่วง เวลา	สวิตช์อัตโนมัติ ปลดทันที	สวิตช์อัตโนมัติ เวลาผกผัน
(ต่อ)				
≤ 30 A ไม่มีรหัสอักษร	250	175	700	200
> 30 A ไม่มีรหัสอักษร	200	175	700	200
รหัสอักษร F – V	250	175	700	200
รหัสอักษร B – E	200	175	700	200
รหัสอักษร A	150	150	700	150
มอเตอร์แบบ High reactance squirrel case				
≤ 30 A ไม่มีรหัสอักษร	250	175	700	200
> 30 A ไม่มีรหัสอักษร	200	175	700	200
มอเตอร์แบบ Wound rotor motor ไม่มีรหัสอักษร	150	150	700	150
มอเตอร์กระแสตรง				
≤ 50 Hp ไม่มีรหัสอักษร	150	150	250	150
> 50 Hp ไม่มีรหัสอักษร	150	150	175	150

ตารางที่ 6
รหัสอักษรของมอเตอร์

รหัสอักษร	KVA / Hp (During rotor locked)
A	0.00 – 3.14
B	3.15 – 3.54
C	3.55 – 3.99
D	4.00 – 4.49
E	4.50 – 4.99
F	5.00 – 5.59
G	5.60 – 6.29
H	6.30 – 7.09
J	7.10 – 7.99
K	8.00 – 8.99
L	9.00 – 9.99
M	10.00 – 11.19
N	11.20 – 12.49
P	12.50 – 13.99
R	14.00 – 15.99
S	16.00 – 17.99
T	18.00 – 19.99
U	20.00 – 22.39
V	≥ 24.00

หมายเหตุ

1. มอเตอร์ไม่มีรหัสอักษรหมายถึงมอเตอร์ที่มีการผลิตก่อนมีการกำหนดรหัสอักษร โดย NEMA STANDARD และมอเตอร์ที่มีขนาดน้อยกว่า 0.5 แรงม้า
2. มอเตอร์ที่ผลิตตามมาตรฐานอื่น ให้พิจารณาการทำเปรียบเทียบกับตารางที่ 6

ตารางที่ 7
กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์กระแสตรง

Hp	Armature					
	90 V	120 V	180 V	240 V	500 V	550 V
¼	4.0	3.1	2.0	1.6	-	-
1/3	5.2	4.1	2.6	2.0	-	-
½	6.8	5.4	3.4	2.7	-	-
¾	9.6	7.6	4.8	3.8	-	-
1	12.2	9.5	6.1	4.7	-	-
1 ½	-	13.2	8.3	6.6	-	-
2	-	17	10.8	8.5	-	-
3	-	25	16	12.2	-	-
5	-	40	27	20	-	-
7 ½	-	58	-	29	13.6	12.2
10	-	76	-	38	18	16
15	-	-	-	55	27	24
20	-	-	-	72	34	31
25	-	-	-	89	43	38
30	-	-	-	106	51	46
40	-	-	-	140	67	61
50	-	-	-	173	83	75
60	-	-	-	206	99	90
75	-	-	-	255	123	111
100	-	-	-	341	164	148

ตารางที่ 8

กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์กระแสสลับเฟสเดียว

Hp	220 V
1/6	2.3
¼	3.0
1/3	3.8
½	5.1
¾	7.2
1	8.4
1 ½	10.5
2	12.5
3	17.8
5	29.3
7 ½	41.8
10	52.3

ค่ากระแสเต็มที่ตามตารางนี้เป็นค่ากระแสของมอเตอร์ที่ความเร็วปกติ และเป็นมอเตอร์ที่มีคุณสมบัติทางด้านแรงบิดเป็นปกติ มอเตอร์ที่มีความเร็วต่ำหรือมีแรงบิดสูง อาจมีกระแสโหลดเต็มที่สูงกว่านี้ สำหรับมอเตอร์ที่มีหลายความเร็ว กระแสโหลดเต็มที่ที่แปรตามความเร็วของมอเตอร์ ในกรณีนี้ให้ใช้พิกัดกระแสตามแผ่นป้ายประจำเครื่องแทน

ตารางที่ 9
กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์กระแสลับ 3 เฟส

Hp	Induction motor (A)		Synchronous motor (A)	
	220 V	380 V	220 V	380 V
½	2.1	1.2	-	-
¾	2.9	1.7	-	-
1	3.8	2.2	-	-
1 ½	5.4	3.1	-	-
2	7.1	4.1	-	-
3	10.0	5.8	-	-
5	15.9	9.2	-	-
7 ½	23.0	13.0	-	-
10	29.0	17.0	-	-
15	44.0	25.0	-	-
20	57.0	33.0	-	-
25	71.0	41.0	55.0	32.0
30	84.0	49.0	66.0	38.0
40	109.0	63.0	87.0	50.0
50	136.0	79.0	109.0	63.0
60	161.0	93.0	129.0	75.0
75	201.0	116.0	162.0	94.0
100	259.0	150.0	211.0	122.0
125	326.0	189.0	264.0	153.0
150	376.0	218.0	316.0	189.0
200	502.0	291.0	418.0	242.0

ค่ากระแสเต็มที่ตามตารางนี้เป็นค่ากระแสของมอเตอร์ที่ความเร็วปกติ และเป็นมอเตอร์ที่มีคุณสมบัติทางด้านแรงบิดเป็นปกติ มอเตอร์ที่มีความเร็วต่ำหรือมีแรงบิดสูง อาจมีกระแสโหลดเต็มที่ที่สูงกว่านี้ สำหรับมอเตอร์ที่มีหลายความเร็ว กระแสโหลดเต็มที่ จะแปรตามความเร็วของมอเตอร์ ใน

กรณีนี้ให้ใช้พิกัดกระแสตามแผ่นป้ายประจำเครื่องแทน สำหรับ Synchronous motor ที่มีค่า Power factor 0.8 และ 0.9 ให้คูณค่าในตารางที่ 8 ด้วย 1.1 และ 1.25 ตามลำดับ

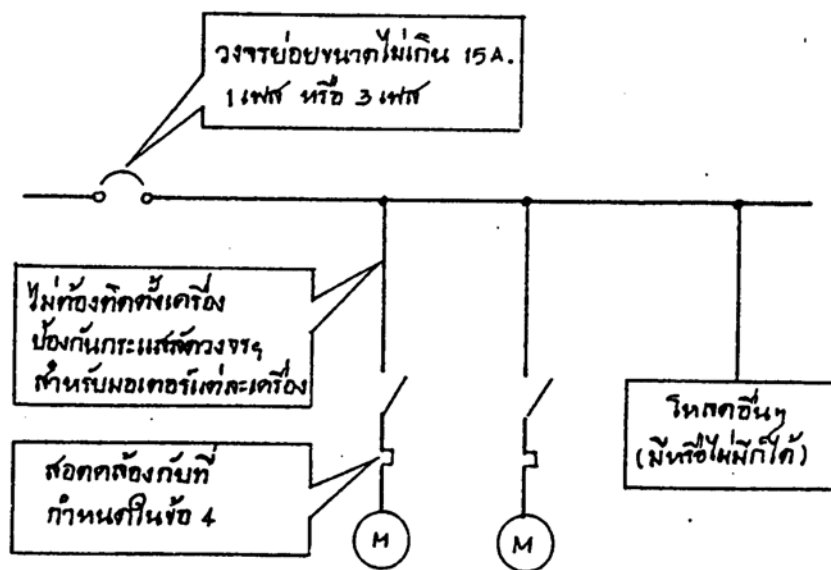
ข) วงจรย่อยที่มีมอเตอร์หลายเครื่อง หรือมีโหลดอื่นรวมอยู่ด้วย ตามรูปที่ 15 กรณีนี้หมายถึงวงจรที่มีขนาดกระแสไม่เกิน 15 แอมแปร์ ซึ่งยอมให้มีมอเตอร์ขนาดไม่เกิน 1 แรงม้าต่ออยู่ อาจเป็นเครื่องเดียวหรือหลายเครื่องก็ได้ โดยไม่ต้องมีเครื่องป้องกันกระแสเกินประจำแต่ละเครื่องก็ได้ ถ้ามอเตอร์เป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

- 1) กระแสใช้งานเต็มที่ของมอเตอร์แต่ละเครื่องไม่เกิน 6 แอมแปร์
- 2) ขนาดเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจร ของมอเตอร์แต่ละเครื่องที่ระบุไว้ที่เครื่อง

ควบคุมมอเตอร์ มีค่าไม่น้อยกว่าเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย

- 3) เครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังของมอเตอร์แต่ละเครื่องเป็นไปตามที่กำหนดใน

ข้อ 4



รูปที่ 15

ค) ในวงจรย่อยที่มีมอเตอร์หลายเครื่อง การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรให้คิดจากมอเตอร์เครื่องที่เล็กที่สุด ตามวิธีการที่กำหนดในข้อ ก) และเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรนี้ต้องไม่ปลดวงจรเมื่อมอเตอร์ทุกเครื่องใช้งานตามปกติ กรณีนี้ให้ใช้เครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อยทำหน้าที่เป็นเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรของมอเตอร์ได้

2.2 การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรระหว่างสายและร่วลงดินของสายป้อน วงจรมอเตอร์

ก) มอเตอร์ที่ติดตั้งสำหรับเครื่องจักรที่มีอยู่ การกำหนดขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกัน
กระแสลัดวงจรกำหนดได้ดังนี้

**ขนาดปรับตั้ง เท่ากับเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรของมอเตอร์ตัวที่ใหญ่สุดรวมกับ
กระแสโหลด เต็มที่ของมอเตอร์ที่เหลือในวงจร**

หากในวงจรมีมอเตอร์ขนาดใหญ่หลายเครื่อง ให้เลือกเอาเครื่องที่ใหญ่สุดเพียงเครื่อง
เดียว และถ้าค่าที่คำนวณได้นี้ ไม่ตรงกับขนาดมาตรฐานของเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจร ของผู้ผลิต
ให้เลือกขนาดใกล้เคียงที่สูงขึ้นไป

ข) การออกแบบสำรองไว้สำหรับอนาคต เพื่อการเพิ่มโหลดในอนาคตสามารถกระทำ
ได้ แต่ต้องเลือกขนาดกระแสของสายป้อน ให้มีค่าไม่ต่ำกว่าค่าปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแส
ลัดวงจร เช่น เราคำนวณขนาดกระแสของสายป้อนสำหรับโหลดในปัจจุบัน ได้ 225 แอมแปร์ เรา
สามารถที่จะเลือกใช้เครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรขนาด 400 แอมแปร์ได้เช่นกัน เพื่อรองรับการเพิ่ม
โหลดในอนาคต ทั้งนี้ขนาดกระแสของสายป้อนก็ต้องสามารถรองรับกระแสขนาด 400 แอมแปร์ได้
ด้วยเช่นกัน

ค) สายป้อนวงจรมอเตอร์ที่มีโหลดอื่นรวมอยู่ด้วย ก็จะต้องกำหนดขนาดปรับตั้งของ
เครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรให้สูงพอที่จะรองรับโหลดอย่างอื่นด้วยเช่นกัน การกำหนดขนาด
ปรับตั้ง ของเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรให้ดำเนินการตามข้อ 2.1 หรือ 2.2 แล้วแต่กรณี แล้วรวมเข้า
กับกระแสของโหลดอื่นๆที่คำนวณได้ในแต่ละเรื่องนั้น

3. Demand factor ของสายป้อนวงจรมอเตอร์ การกำหนดค่า Demand factor ของระบบ
ไฟแสงสว่างและเครื่องใช้ไฟฟ้า ให้เป็นไปตามข้อกำหนดว่าด้วยการกำหนดค่า Demand factor ของ
ไฟแสงสว่างและเครื่องใช้ไฟฟ้า แต่สำหรับการกำหนดค่า Demand factor ของมอเตอร์ ไม่มีกฎเกณฑ์
ที่แน่นอน บางครั้งมีการใช้งานพร้อมๆกัน ก็จะไม่มีการคิดค่า Demand factor

4. การกำหนดขนาดปรับตั้งเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลัง

สายดินสำหรับมอเตอร์แต่ละตัว การกำหนดขนาดจะกำหนดจากขนาดปรับตั้งของเครื่อง
ป้องกันการใช้งานเกินกำลัง (Overload relay) ของมอเตอร์ โดยดูรายละเอียดในเรื่องการต่อลงดินใน
บทที่ 4 การปรับตั้งเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลัง ตามกฎการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าของ
การไฟฟ้านครหลวงกำหนดเอาไว้ดังนี้

4.1 เครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลัง ที่ติดตั้งแยกต่างหากจากตัวมอเตอร์ และทำงาน
สัมพันธ์กับกระแสของมอเตอร์ ต่ออนุกรมอยู่ในวงจรมอเตอร์ หรือผ่านหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า กรณี
ที่เป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่ การปรับตั้งค่ากำหนดเป็นร้อยละของกระแสโหลดเต็มที่ดังนี้

ระบุ Service factor	≥ 1.15	=	125 %
ระบุ Temperature	$\leq 40^{\circ}\text{C}$	=	125 %
มอเตอร์อื่นๆ		=	115 %

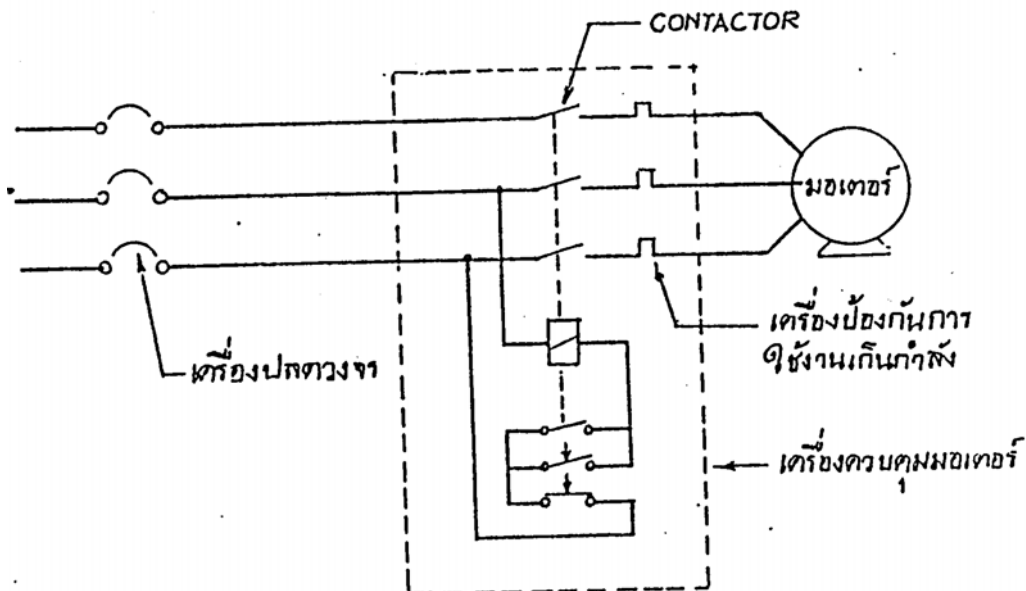
4.2 เครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังเป็นเครื่องป้องกันอุณหภูมิสูงเกินกำหนด ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ตัวมอเตอร์การปรับตั้งเป็นดังนี้

Current at full load	$\leq 9 \text{ A}$	=	170 %
Current at full load	$9.1 \text{ A} - 20.0 \text{ A}$	=	156 %
Current at full load	$> 20 \text{ A}$	=	140 %

4.3 ในการติดตั้งใช้งานจริง อาจปรับตั้งค่าเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังเพิ่มได้อีก แต่ต้องไม่เกินข้อกำหนดดังนี้

ระบุ Service factor	≥ 1.15	=	140 %
ระบุ Temperature	$\leq 40^{\circ}\text{C}$	=	140 %
มอเตอร์อื่นๆ		=	130 %

5. เครื่องควบคุมมอเตอร์ หมายถึงอุปกรณ์หรือชุดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมให้มอเตอร์เดิน หรือหยุดได้ ในที่นี้จึงรวมเอาสวิตช์ต่างๆเอาไว้ด้วย สำหรับมอเตอร์ขนาดเล็กที่ใช้ได้รับให้ถือว่าหวั่นเสียบได้เป็นชุดเครื่องควบคุมด้วย ตัวเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลัง (Over load relay) ก็อยู่ในชุดเครื่องควบคุมมอเตอร์ด้วย



รูปที่ 16

เครื่องควบคุมมอเตอร์

พิกัดของเครื่องควบคุมมอเตอร์ปกติจะระบุมาที่เครื่องควบคุมมีหน่วยเป็นแรงม้า ดังนั้นมอเตอร์ที่ใช้ก็ต้องมีค่าแรงม้าไม่เกินค่าที่ระบุมาของเครื่องควบคุมมอเตอร์ สำหรับมอเตอร์ที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 2 แรงม้า ใช้กับระบบไฟฟ้าแรงดันไม่เกิน 416 โวลต์ ยอมให้ใช้สวิตซ์ไฟฟ้าที่ใช้กับงานทั่วไปได้ แต่ทั้งนี้ต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่า 2 เท่าของขนาดกระแสใช้งานของมอเตอร์ เป็นเครื่องควบคุมมอเตอร์ได้

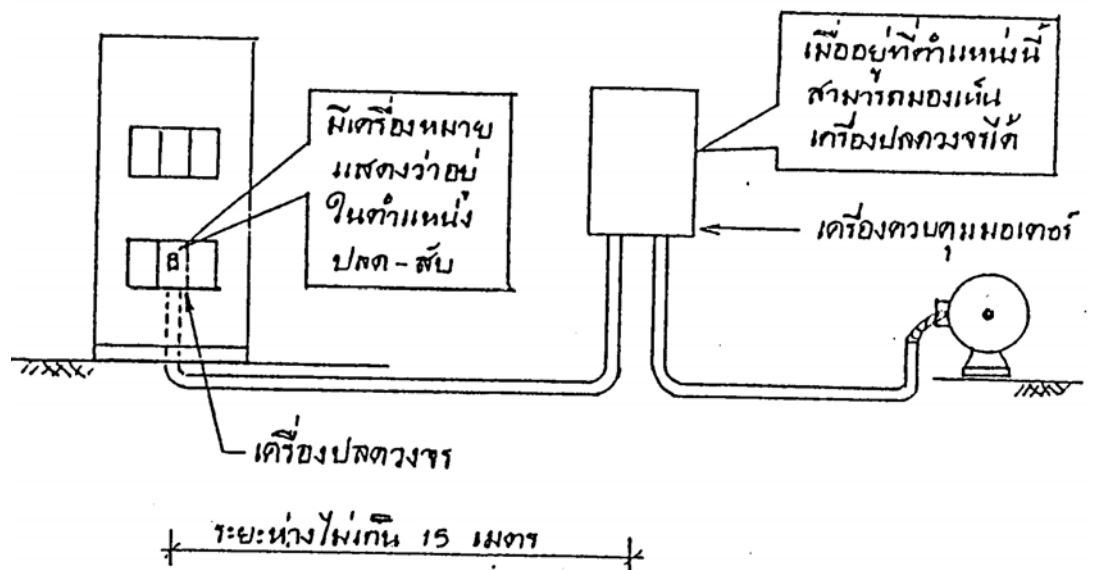
6. เครื่องปลดวงจร ต้องสามารถปลดมอเตอร์และเครื่องควบคุมมอเตอร์ออกจากวงจรได้พร้อมกัน

6.1 เครื่องปลดวงจรต้องติดตั้งในตำแหน่งที่มองเห็นได้ชัดเจนจากที่ตั้งมอเตอร์ และอยู่ห่างไม่เกิน 15 เมตร จากมอเตอร์ ตามรูปที่ 17 ยกเว้นกรณี

1. สำหรับมอเตอร์ระบบแรงสูง ยอมให้ติดตั้งเครื่องปลดวงจรโดยมองไม่เห็นจากตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องควบคุมมอเตอร์ได้ ถ้าที่เครื่องควบคุมติดป้ายเตือน และบอกสถานที่ติดตั้งเครื่องปลดวงจร พร้อมทั้งเครื่องปลดวงจรสามารถใส่กุญแจได้ในตำแหน่งปลด

2. เครื่องปลดวงจรเครื่องเดียว ยอมให้ติดตั้งชิดกับกลุ่มเครื่องควบคุมมอเตอร์ ซึ่งแต่ละเครื่องอยู่ชิดกันได้ และกลุ่มเครื่องควบคุมมอเตอร์นี้ใช้สำหรับควบคุมมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องจักรของระบบเดียวกัน

6.2 เครื่องปลดวงจรต้องติดตั้งในตำแหน่งที่มองเห็นได้ชัดเจนจากที่ตั้งมอเตอร์ และเครื่องจักรที่มอเตอร์ขับอยู่ แต่ถ้าเครื่องปลดวงจรตามข้อ 6.1 และสามารถใส่กุญแจได้ในตำแหน่งปลดก็ไม่ต้องมองเห็นได้จากตำแหน่งที่ติดตั้งมอเตอร์และเครื่องจักรที่มอเตอร์ขับอยู่



รูปที่ 17

6.3 เครื่องปลดวงจรต้องมีเครื่องหมายแสดงอย่างชัดเจนว่าอยู่ในตำแหน่งปลดหรือสับ

6.4 เครื่องปลดวงจรใช้ปลดสายที่มีการต่อลงดินได้ ถ้าเครื่องปลดวงจรนี้ได้ออกแบบในลักษณะที่สามารถปลดสายทุกเส้นในวงจรออกได้พร้อมกัน

6.5 กรณีที่สถานที่นั้นมีมอเตอร์ตัวเดียว ยอมให้ใช้เมนสวิตช์เป็นเครื่องปลดวงจรได้ ถ้าสวิตช์นั้นสอดคล้องกับที่กำหนดในเรื่องมอเตอร์ โดยติดตั้งในตำแหน่งที่มองเห็นได้ชัดเจนจากที่ตั้งมอเตอร์ และอยู่ห่างไม่เกิน 15 เมตร จากมอเตอร์

6.6 เครื่องปลดวงจรของระบบมอเตอร์แรงต่ำ ต้องมีพิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 115 % ของพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์

6.7 เครื่องปลดวงจรต้องเป็นสวิตช์ที่ใช้สำหรับ Inductive load หรือ Automatic switch ยกเว้น

6.7.1 มอเตอร์ติดตั้งประจำที่ขนาดไม่เกิน 1/8 แรงม้า อนุญาตให้ใช้เครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อยเป็นเครื่องปลดวงจรได้

6.7.2 มอเตอร์ติดตั้งประจำที่ขนาดไม่เกิน 2 แรงม้า แรงดันไม่เกิน 416 โวลต์ ยอมให้ใช้สวิตช์ซึ่งใช้งานทั่วไปที่มีพิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 2 เท่าของพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ เป็นเครื่องปลดวงจรได้

6.7.3 มอเตอร์ขนาด 2 -100 แรงม้า เครื่องปลดวงจรสำหรับมอเตอร์ ซึ่งใช้ควบคุมแบบหม้อแปลงอัตโนมัติ (Auto transformer type controller) ยอมให้ใช้สวิตช์ซึ่งใช้งานทั่วไป เป็นเครื่องปลดวงจรได้ ถ้ามีสภาพดังต่อไปนี้ทุกประการ

ก) เป็นมอเตอร์ที่หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่มีเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังทางด้านโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ข) เครื่องควบคุมมอเตอร์สามารถตัดกระแส Locked Rotor ได้ มีเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังที่มีพิกัดหรือขนาดปรับตั้งได้ไม่เกิน 125% ของพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ และต้องเป็นชนิดที่ปลดวงจรออกได้ถ้าไม่มีไฟ

ค) ฟิวส์ที่แยกเป็นส่วนต่างหาก หรือสวิตช์อัตโนมัติเวลาผกผันที่มีขนาดหรือการปรับตั้งไม่เกิน 150 % ของพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์เป็นเครื่องป้องกันวงจรย่อยมอเตอร์

6.7.4 มอเตอร์กระแสตรงติดตั้งประจำที่ขนาดเกิน 40 แรงม้า หรือมอเตอร์กระแสสลับติดตั้งประจำที่ขนาดเกิน 100 แรงม้า ยอมให้ใช้สวิตช์ซึ่งใช้งานทั่วไปเป็นเครื่องปลดวงจรได้ ถ้ามีป้ายเตือนว่า “ห้ามปลดหรือสับขณะมีโหลด” และมีอุปกรณ์ป้องกันการสับปลดโดยพลั้งเผลอ เช่นกุญแจเป็นต้น

6.7.5 มอเตอร์แบบต่อด้วยสายและหัวเสียบยอมให้ใช้หัวเสียบเป็นเครื่องปลดวงจรได้

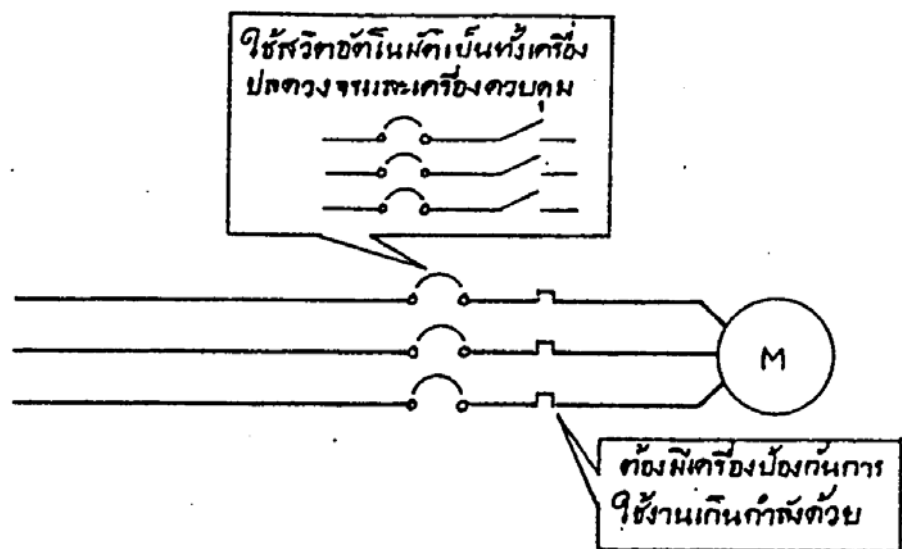
6.7.6 Torque motor ยอมให้ใช้สวิตช์ที่ใช้งานทั่วไปเป็นเครื่องปลดวงจรได้

6.8 อนุญาตให้ใช้สวิตช์หรือสวิตช์อัตโนมัติที่มีขนาดสอดคล้องกับขนาดของมอเตอร์ ทำหน้าที่เป็นเครื่องควบคุมและเครื่องปลดวงจรมอเตอร์ได้ ถ้าสวิตช์หรือสวิตช์อัตโนมัตินั้นสามารถปลดตัวนำเส้นไฟได้ทั้งหมด และมีเครื่องป้องกันกระแสเกิน ที่สามารถปลดตัวนำทุกสายได้ และเป็นสวิตช์หรือสวิตช์อัตโนมัติชนิดใดชนิดหนึ่งดังนี้

6.8.1 Air break switch ชนิดปลดสับด้วยมือที่ก้านสวิตช์โดยตรง

6.8.2 สวิตช์อัตโนมัติเวลาผกผัน ปลดสับที่ก้านของสวิตช์อัตโนมัติโดยตรง

6.8.3 สวิตช์น้ำมัน ใช้สำหรับในวงจรระบบแรงต่ำและไม่เกิน 100 แอมแปร์ วงจรที่กระแสหรือแรงดันสูงกว่านี้ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากการไฟฟ้านครหลวงก่อน



รูปที่ 18

6.9 มอเตอร์แต่ละตัวต้องมีเครื่องปลดวงจรประจำแต่ละตัว ยกเว้นอนุญาตให้เครื่องปลดวงจรตัวเดียวสามารถปลดกลุ่มของมอเตอร์ได้ โดยต้องเป็นไปตามข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้

6.9.1 มอเตอร์เหล่านั้นใช้งานในเครื่องจักรตัวเดียวกัน

6.9.2 มอเตอร์เหล่านั้นใช้เครื่องป้องกันกระแสเกินเครื่องเดียวกันตามข้อ 2.1 ข)

6.9.3 มอเตอร์เหล่านี้อยู่ในห้องเดียวกัน สามารถมองเห็นได้จากจุดที่ติดตั้งเครื่องควบคุมและอยู่ห่างไม่เกิน 15 เมตรจากเครื่องควบคุม

7. มอเตอร์สำหรับระบบแรงสูง มีข้อกำหนดเช่นเดียวกับระบบแรงต่ำ โดยมีข้อกำหนดเพิ่มเติมจากระบบแรงต่ำดังนี้

7.1 เครื่องควบคุมมอเตอร์ต้องมีการระบุแรงดันสำหรับเครื่องควบคุมมอเตอร์ด้วย

7.2 วงจรไฟฟ้าแรงสูงของมอเตอร์แต่ละเครื่อง ต้องมีการป้องกันการใช้งานเกินกำลัง และ การป้องกันกระแสลัดวงจรในมอเตอร์, ในสายของวงจรมอเตอร์และเครื่องควบคุมมอเตอร์ โดยที่

เครื่องป้องกันแต่ละประเภทนั้น ต้องทำงานถูกต้องตามหน้าที่ ยกเว้น เมื่อมอเตอร์นั้นมีความสำคัญมาก ที่จำเป็นต้องใช้งานจนชำรุด เพื่อป้องกันอันตรายอันอาจเกิดกับบุคคลได้ ยอมให้มีเครื่องตรวจวัด (Sensing device) ต่อไว้ได้เพื่อช่วยให้ป้ายบอกเลขรหัส (Annunciator) หรือสัญญาณเตือน (Alarm) ทำงานแทนการตัดวงจรมอเตอร์นั้น

7.3 มอเตอร์ต้องมีการป้องกันการใช้งานเกินกำลังดังนี้

7.3.1 มอเตอร์แต่ละเครื่องต้องมีการป้องกันความเสียหายจากความร้อนสูง เนื่องจากใช้งานเกินกำลัง หรือจากการเริ่มเดินไม่สำเร็จ ด้วยเครื่องป้องกันอุณหภูมิสูงเกินที่ติดตั้งในตัวมอเตอร์ หรือติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับกระแสหรือทั้งสองอย่าง

7.3.2 วงจรทุติยภูมิของ Wound rotor motor ซึ่งรวมทั้งสาย เครื่องควบคุม และตัวความต้านทาน ถือว่าได้รับการป้องกันการใช้กระแสเกินโดยเครื่องป้องกันการใช้งานเกินของมอเตอร์แล้ว

7.3.3 เครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลัง ต้องสามารถปลดสายเส้นไฟทุกเส้นได้พร้อมกัน

7.3.4 เครื่องตรวจจับการใช้งานเกินกำลัง ต้องไม่สามารถ Reset ตัวเองได้โดยอัตโนมัติ เว้นเสียแต่การ Reset นั้นไม่ทำให้มอเตอร์เริ่มเดินได้เอง หรือมอเตอร์เริ่มเดินได้เองโดยไม่เป็นอันตรายต่อบุคคล

7.3.5 เครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังและเครื่องป้องกันการลัดวงจร อาจเป็นเครื่องเดียวกันก็ได้

7.4 วงจรมอเตอร์ต้องมีการป้องกันกระแสลัดวงจรดังนี้

7.4.1 วงจรมอเตอร์แต่ละวงจร ต้องมีการป้องกันกระแสลัดวงจร โดยติดตั้งฟิวส์หรือสวิตช์อัตโนมัติในขนาดที่เหมาะสม

7.4.2 เครื่องตัดกระแสลัดวงจร ต้องไม่สามารถต่อวงจรได้เองโดยอัตโนมัติ ยกเว้นในกรณีที่เกิดการลัดวงจรชั่วขณะ (Transient fault) และการต่อวงจรไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อบุคคล

7.5 เครื่องควบคุมมอเตอร์และเครื่องปลดวงจรขอยมอเตอร์ ต้องมีฟิวส์กระแสไม่น้อยกว่าค่าฟิวส์กระแสของเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังที่ได้ตั้งไว้ให้ลัดวงจร

7.6 เครื่องปลดวงจร ต้องสามารถใส่กุญแจได้ในตำแหน่งปลดวงจร

ตารางที่ 10

ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับ Induction motor ระบบ 380 Volts 3 phase

แรงม้า	กระแส (แอมแปร์)	ขนาดสายไฟฟ้า (ตร.มม.)			
		วิธีเดินสายแบบ 1		วิธีเดินสายแบบ 2	
		ท่อโลหะ	ท่ออลูมิเนียม	ท่อโลหะ	ท่ออลูมิเนียม
½	1.2	1.5	1.5	1.5	1.5
¾	1.7	1.5	1.5	1.5	1.5
1	2.2	1.5	1.5	1.5	1.5
1 ½	3.1	1.5	1.5	1.5	1.5
2	4.1	1.5	1.5	1.5	1.5
3	5.8	1.5	1.5	1.5	1.5
5	9.2	1.5	1.5	1.5	1.5
7 ½	13.0	2.5	2.5	1.5	2.5
10	17.0	4	4	2.5	2.5
15	25	10	10	4	4
20	33	10	10	6	6
25	41	16	16	10	10
30	49	25	25	16	16
40	63	35	35	25	25
50	79	50	50	25	35
60	93	50	70	35	50
75	116	70	95	50	70
100	150	120	120	70	90
125	189	150	150	95	150
150	218	185	240	120	185
200	291	300	300	185	300

หมายเหตุ วิธีเดินสายแบบที่ 1 สายแกนเดียวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน เดินในท่อในอากาศ ในท่อฝังในผนังฉาบปูน หรือในฝ้าเพดาน

วิธีเดินสายแบบที่ 2 สายแกนเดียวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน เดินในท่อฝังดิน

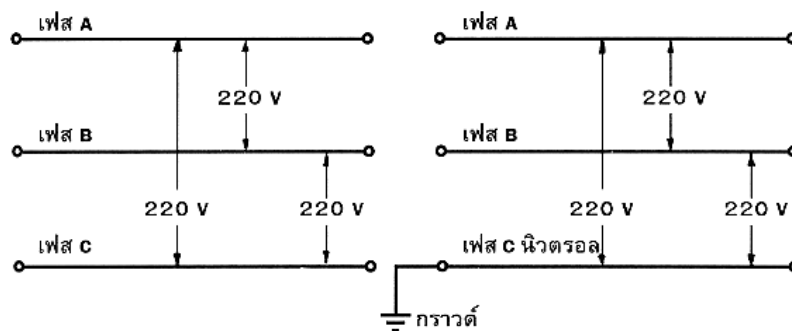
บทที่ 7

ระบบไฟฟ้าภายในอาคาร

ระบบไฟฟ้าภายในอาคาร เป็นระบบไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันต่ำ คือมีขนาดแรงดันอยู่ระหว่าง 220 – 380 โวลต์ โดยแบ่งออกได้ดังนี้

1. ระบบ 220 โวลต์ 3 เฟส 3 สาย เป็นระบบที่มีแรงดันระหว่างสายเท่ากับ 220 โวลต์ จากรูปที่ 1 จะเห็นว่าสายทุกเส้นจะมีแรงดันไฟฟ้าทุกเส้น ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยจึงควรต่อลงดินที่สายเส้นใดเส้นหนึ่ง รายละเอียดซึ่งกล่าวมาแล้วตามบทที่ 4

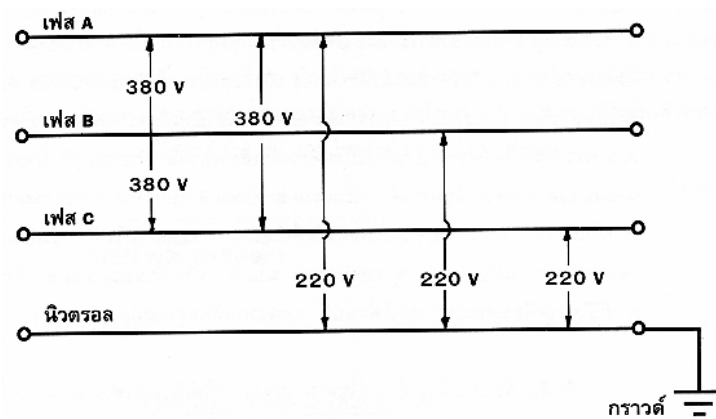
ข้อเสียของระบบนี้ก็คือ ผู้ใช้สามารถนำไปใช้ได้เพียง 2 เส้นเท่านั้น ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดโหลดที่ไม่สมดุลขึ้นที่เฟสใดเฟสหนึ่ง แต่สามารถแก้ไขได้โดยการเปลี่ยนเส้นสายดินจากเฟสหนึ่งไปยังอีกเฟสหนึ่งตามอาคารสถานที่ต่าง ๆ กัน เพื่อแบ่งโหลดไปยังที่ต่างๆ โรงไฟฟ้าก็จะมองเห็นโหลดแต่ละเฟสในลักษณะสมดุลขึ้น



ระบบไฟ 220 โวลต์ 3 เฟส 3 สาย แบบมีกราวด์และไม่มีกราวด์

รูปที่ 1

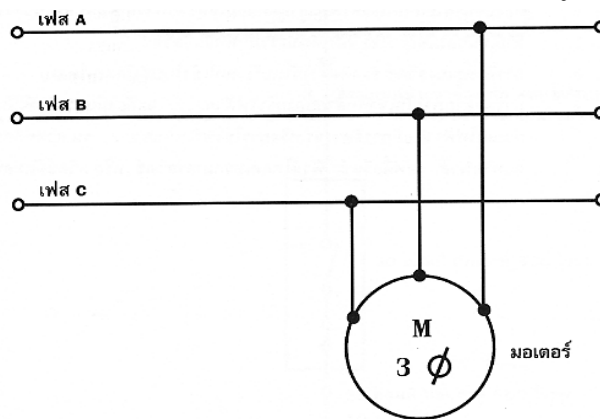
2. ระบบ 380 โวลต์ 3 เฟส 4 สาย เป็นระบบที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายมาก เพราะเป็นระบบที่สามารถทำให้เกิดการสมดุลในการใช้ไฟฟ้าได้ทั้ง 3 เฟส เท่าๆกัน แรงดันระหว่างเฟสมีค่าเท่ากัน คือ 380 โวลต์ สายเส้นที่ 4 เป็นสายนิวทรัล และสายนี้จะต่อลงดินที่ตำแหน่งติดตั้งหม้อแปลง ทำให้แรงดันระหว่างเฟสกับนิวทรัลจะมีค่าเท่ากับ 220 โวลต์ ผู้ใช้จึงสามารถเลือกใช้ไฟฟ้าจากเฟสใดเฟสหนึ่ง ร่วมกับสายนิวทรัลได้เลย ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2

ระบบไฟฟ้า 380 โวลต์ 3 เฟส 4 สาย

3. ระบบ 380 โวลต์ 3 เฟส 3 สาย ระบบนี้คล้ายกับระบบ 380 โวลต์ 3 เฟส 4 สาย แต่ตัดสายนิวทรัลออกไปเท่านั้นเอง เป็นระบบที่ใช้กับมอเตอร์ 380 โวลต์ 3 เฟส ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3

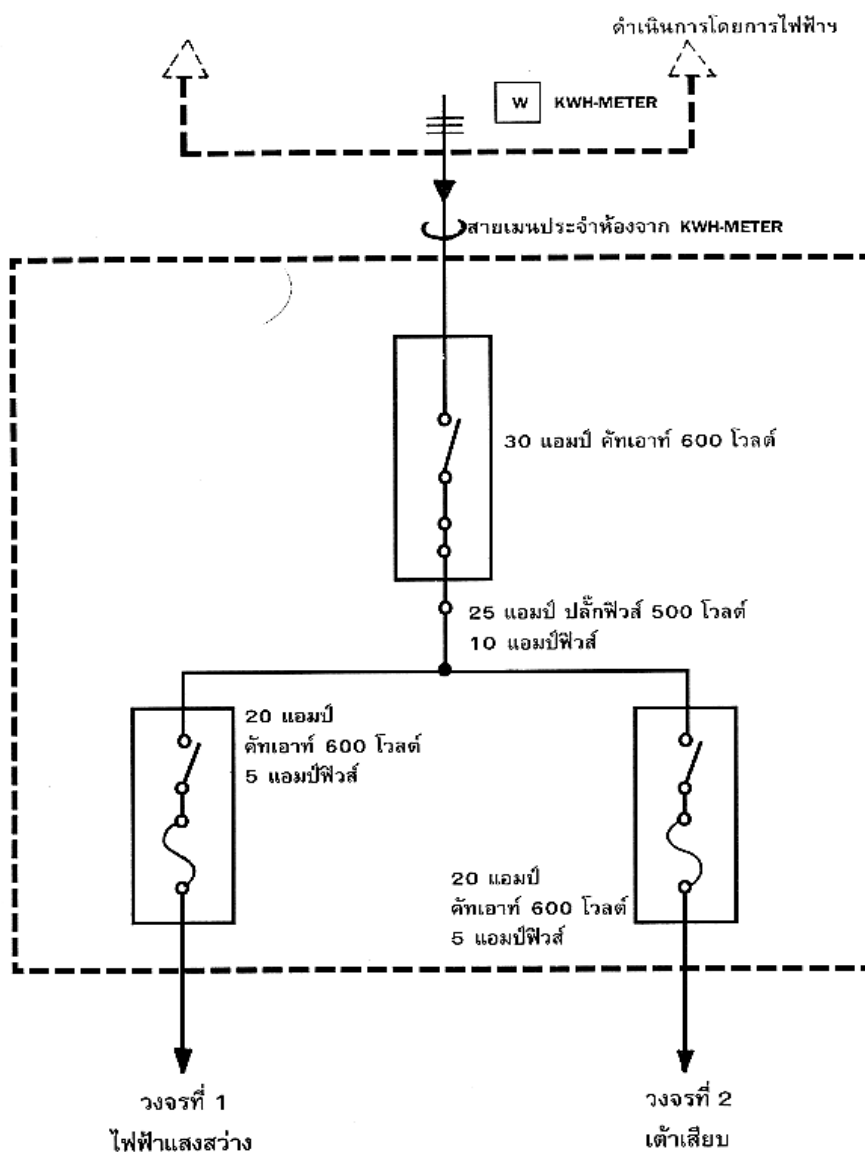
ระบบไฟฟ้า 380 โวลต์ 3 เฟส 3 สาย

การแบ่งแยกวงจรไฟฟ้าในอาคาร จะต้องปฏิบัติตามกฎของการไฟฟ้าฯ ดังนี้

- 1) การติดตั้งดวงโคมและเต้ารับที่มีจำนวนรวมกันเกิน 10 จุดขึ้นไป โดยที่แต่ละจุดใช้กระแสไม่เกิน 8 แอมแปร์ การออกแบบต้องแบ่งวงจรการติดตั้งเป็นวงจรย่อย ๆ แต่ละวงจรจะต้องมีไม่เกิน 10 จุด
- 2) วงจรใดใช้เต้ารับและหรืออุปกรณ์ที่ไฟฟ้าใช้กระแสเกินกว่า 8 แอมแปร์ขึ้นไป การติดตั้งนั้นต้องแยกวงจรดังกล่าวออกจากวงจรไฟแสงสว่าง และต้องไม่เกิน 10 จุดเช่นเดียวกัน
- 3) วงจรย่อยทุกวงจรต้องมีเครื่องตัดกระแสไฟฟ้า เพื่อป้องกันการลัดวงจร หรือการใช้กระแสไฟฟ้าเกินขนาด

- 4) สวิตช์ตัดตอนพร้อมฟิวส์ หรือสวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติที่ใช้ป้องกันวงจรใดวงจรหนึ่ง ต้องมีขนาดไม่เกินกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ยอมให้สำหรับสายที่เล็กที่สุดของวงจรนั้น
- 5) สายเมนของแต่ละวงจรต้องเดินมารวมกันที่แผงสวิตช์
- 6) การติดตั้งแผงสวิตช์ ต้องติดตั้งในสถานที่สามารถเข้าไปปฏิบัติงานได้ง่ายที่สุด
- 7) การต่อสายภายในเข้ากับสายของการไฟฟ้าฯ จะต้องมีเมนสวิตช์เป็นเครื่องตัดกระแสไฟฟ้า เมื่อมีการลัดวงจร หรือใช้ไฟฟ้าเกินขนาด เช่น สวิตช์ตัดตอนพร้อม cartridge fuse, safety switch เป็นต้น

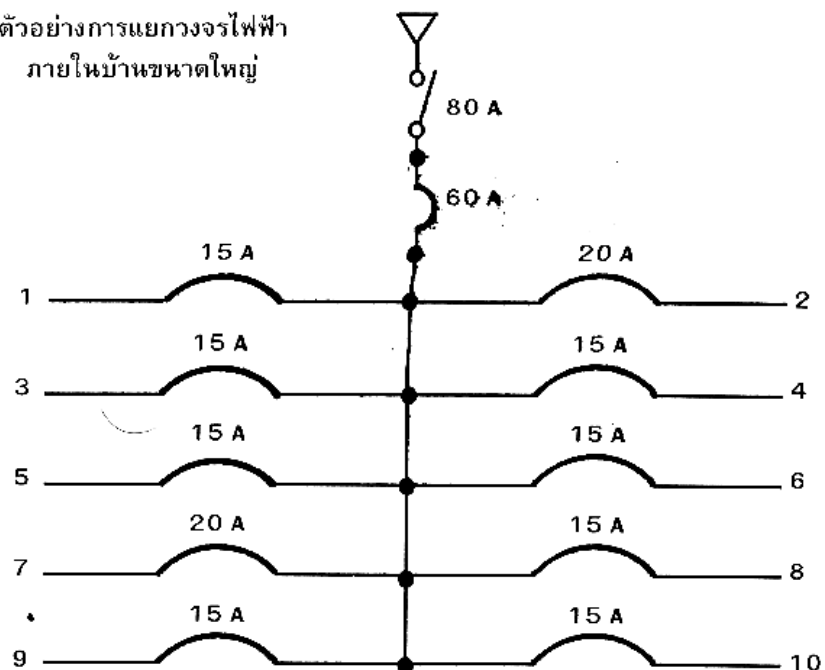
ตัวอย่างการแยกวงจรไฟฟ้าภายในอาคารขนาดเล็ก



รูปที่ 4

วงจรไฟฟ้าภายในอาคารขนาดเล็ก

ตัวอย่างการแยกวงจรไฟฟ้า
ภายในบ้านขนาดใหญ่



วงจรที่	ลักษณะการใช้งาน
1.	ใช้สำหรับแสงสว่างชั้นล่าง
2.	ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศ 17,000 BTU
3.	ใช้สำหรับเตาเสียบชั้นล่าง
4.	ใช้สำหรับแสงสว่างชั้นสอง
5.	ใช้สำหรับเตาเสียบชั้นสอง
6.	ใช้สำหรับแสงสว่างชั้นสาม
7.	ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศ 17,000 BTU
8.	ใช้สำหรับเตาเสียบชั้นสาม
9.	Spare
10.	Spare

รูปที่ 5

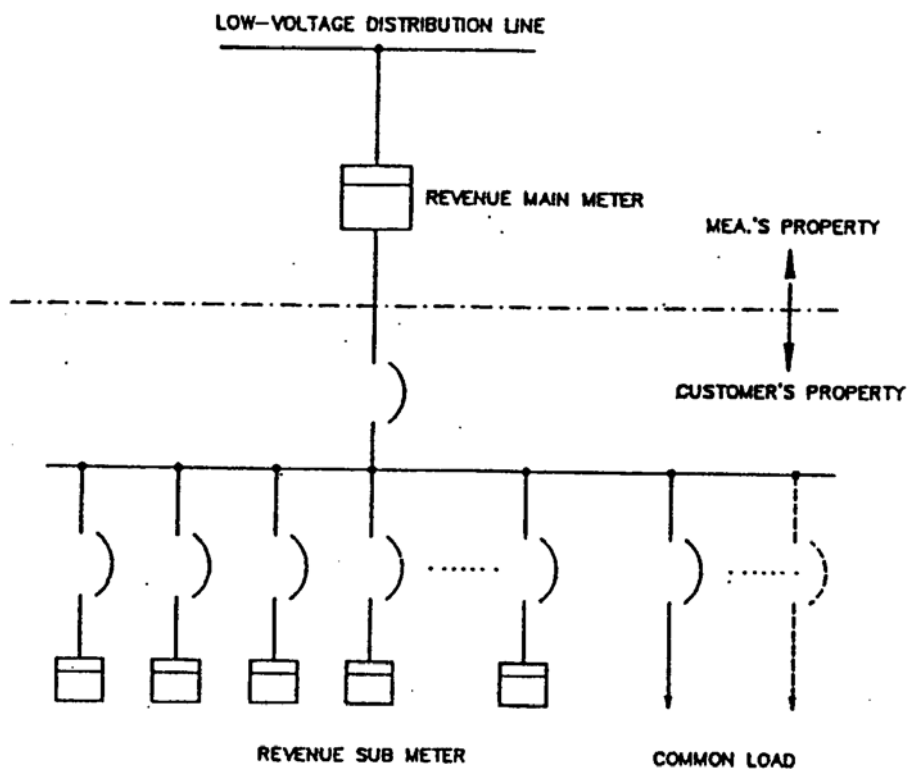
วงจรไฟฟ้าภายในบ้านขนาดใหญ่

อาคารชุด อาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ

อาคารชุด หมายถึงอาคารชุดทุกประเภทที่จดทะเบียนอาคารชุดตามพระราชบัญญัติอาคารชุด พ.ศ. 2532 อาคารประเภทนี้มีผู้อยู่อาศัยจำนวนมาก จำเป็นต้องดูแลความปลอดภัยในการใช้ไฟฟ้าเป็นพิเศษ กฎการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า จึงมีข้อกำหนดสำหรับอาคารชุดโดยเฉพาะ ซึ่งเป็นข้อกำหนดเพิ่มเติมจากข้อกำหนดอื่นๆ

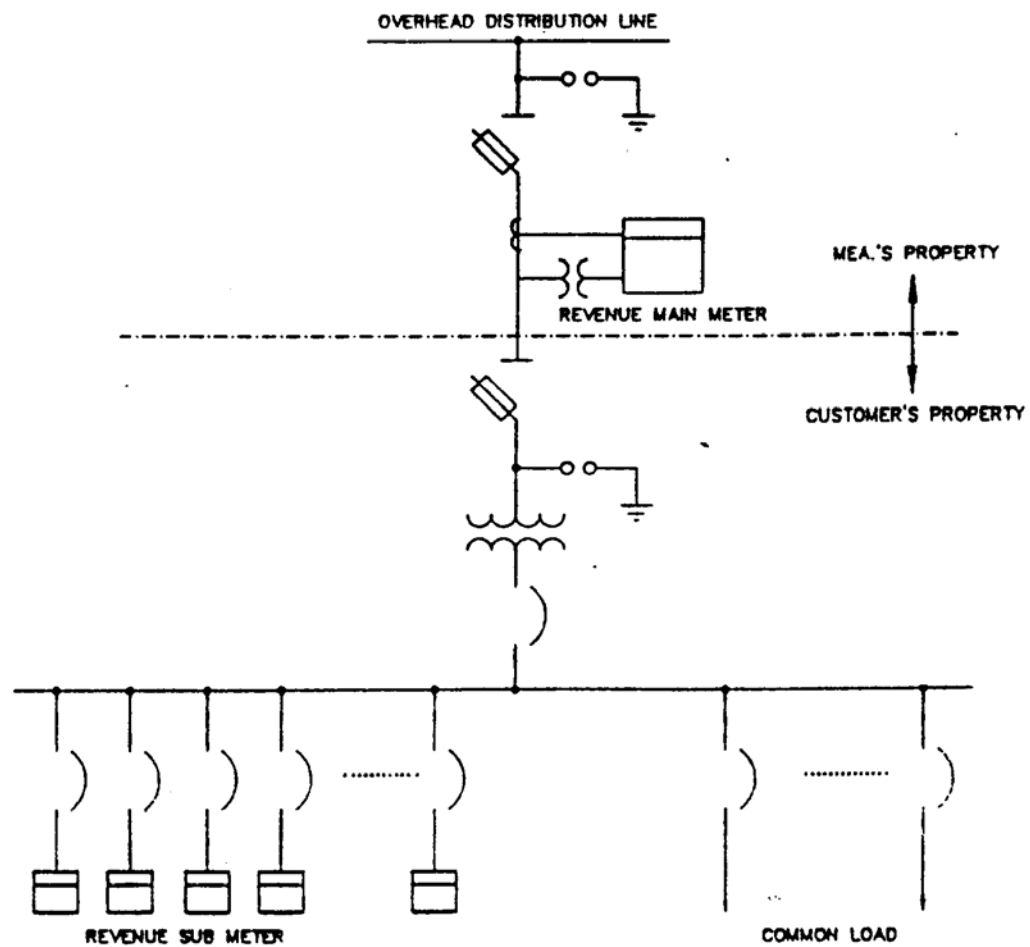
1. การจ่ายไฟ

อาคารชุดอาจจ่ายไฟฟ้าได้ทั้งระบบแรงดันต่ำหรือแรงดันสูงก็ได้ โดยขึ้นอยู่กับโหลดที่คำนวณได้ตามข้อกำหนดของอาคารชุด และเป็นไปตามข้อบังคับการบริการของการไฟฟ้านครหลวง ที่กำหนดให้โหลดตั้งแต่ 300 KVA ขึ้นไปต้องจ่ายด้วยระบบไฟฟ้าแรงสูงขนาด 12 KV หรือ 24 KV ตามพื้นที่การจ่ายไฟ ลักษณะการจ่ายไฟให้อาคารชุดอาจทำได้หลายรูปแบบ ตามตัวอย่างของ Single line diagram ตามรูปที่ 6 และ 7



รูปที่ 6

การจ่ายไฟด้วยระบบแรงต่ำ



รูปที่ 7

การจ่ายไฟด้วยระบบแรงสูง

2. การคำนวณโหลด แบ่งเป็น

- 2.1 การคำนวณโหลดส่วนกลาง
- 2.2 การคำนวณโหลดของห้องชุด
- 2.3 การคำนวณโหลดสายป้อน
- 2.4 การคำนวณโหลดส่วนรวม

2.1 การคำนวณโหลดไฟฟ้าส่วนกลาง ไฟฟ้าส่วนกลางคือไฟฟ้าที่ผู้อยู่อาศัยในอาคารชุดใช้ประโยชน์ร่วมกัน ได้แก่ ไฟแสงสว่างห้องโถง ทางเดิน ลิฟต์ เครื่องสูบน้ำ ไฟฟ้าในสนาม เป็นต้น ในการคำนวณจะคำนวณตามที่ติดตั้งจริง และอนุญาตให้ใช้ค่า Demand factor ได้

2.2 การคำนวณโหลดของห้องชุด คำนวณโหลดตามพื้นที่ พื้นที่ที่จะทำการคำนวณจะเป็นพื้นที่ใช้สอยรวมทั้งหมด ทั้งห้องครัว ห้องน้ำ แต่จะไม่รวมพื้นที่ส่วนที่เป็นระเบียงหรือเฉลียง การ

คำนวณจะแยกประเภทของห้องชุด และห้ามใช้ค่า Demand factor ห้องชุดแยกออกเป็น 3 ประเภทคือ ห้องชุดประเภทที่อยู่อาศัย ประเภทสำนักงานหรือร้านค้าทั่วไป และประเภทอุตสาหกรรม ซึ่งมีสูตรการคำนวณที่แตกต่างกันดังนี้

ก) ห้องชุดประเภทที่อยู่อาศัย แบ่งเป็นห้องชุดที่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง และไม่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง

1) ห้องชุดที่ไม่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง ใช้สูตรดังนี้

ห้องชุดขนาดพื้นที่ใช้สอยไม่เกิน 55 ตร.ม.

$$\text{โหลด} = 90 \times \text{พื้นที่ใช้สอย (ตร.ม.)} + 1500 \quad \text{VA}$$

ห้องชุดขนาดพื้นที่มากกว่า 55 ตร.ม. แต่ไม่เกิน 180 ตร.ม.

$$\text{โหลด} = 90 \times \text{พื้นที่ใช้สอย (ตร.ม.)} + 3000 \quad \text{VA}$$

ห้องชุดขนาดมากกว่า 180 ตร.ม. ขึ้นไป

$$\text{โหลด} = 90 \times \text{พื้นที่ใช้สอย (ตร.ม.)} + 6000 \quad \text{VA}$$

2) ห้องชุดที่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง ใช้สูตรดังนี้

ห้องชุดขนาดพื้นที่ใช้สอยไม่เกิน 55 ตร.ม.

$$\text{โหลด} = 20 \times \text{พื้นที่ใช้สอย (ตร.ม.)} + 1500 \quad \text{VA}$$

ห้องชุดขนาดพื้นที่มากกว่า 55 ตร.ม. แต่ไม่เกิน 180 ตร.ม.

$$\text{โหลด} = 20 \times \text{พื้นที่ใช้สอย (ตร.ม.)} + 3000 \quad \text{VA}$$

ห้องชุดขนาดมากกว่า 180 ตร.ม. ขึ้นไป

$$\text{โหลด} = 20 \times \text{พื้นที่ใช้สอย (ตร.ม.)} + 6000 \quad \text{VA}$$

ข) ห้องชุดประเภทสำนักงานหรือร้านค้าทั่วไป

1) ห้องชุดที่ไม่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง ใช้สูตรดังนี้

$$\text{โหลด} = 155 \times \text{พื้นที่ใช้สอย (ตร.ม.)} \quad \text{VA}$$

2) ห้องชุดที่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง ใช้สูตรดังนี้

$$\text{โหลด} = 85 \times \text{พื้นที่ใช้สอย (ตร.ม.)} \quad \text{VA}$$

ห้องชุดประเภทสำนักงานหรือร้านค้าบางชนิดอาจจะใช้ไฟฟ้ามากกว่าที่คำนวณได้จากสูตร ในการคำนวณต้องคำนวณจากโหลดที่ติดตั้งจริง เพื่อให้โหลดที่ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

3) ห้องชุดประเภทอุตสาหกรรม การคำนวณโหลดควรคำนวณจากโหลดที่ติดตั้งจริง ในกรณีที่ไม่มีทราบโหลดที่แน่นอน ให้ใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

$$\text{โหลด} = 165 \times \text{พื้นที่ใช้สอย (ตร.ม.)} \quad \text{VA}$$

2.3 การคำนวณโหลดของสายป้อน การคำนวณโหลดของสายป้อนคือการนำโหลดทั้งหมดที่ต่ออยู่กับสายป้อนมารวมเข้าด้วยกัน โดยสามารถใช้ค่า Co – incidence factor ได้ตามตาราง

ที่ 1 และ 2 ในการเรียงลำดับห้องเพื่อคิดค่า Co – incidence factor ให้เรียงจากห้องที่มีโหลดสูงสุดก่อน โหลดที่ได้ทั้งหมดถือเป็นโหลดต่อเนื่องจึงคูณด้วย 1.25 ก่อนนำไปกำหนดค่าอื่นๆ ต่อไป

2.4 การคำนวณโหลดรวม โหลดรวมทั้งหมดหมายถึงโหลดของทุกห้องที่รวมเข้าด้วยกัน โดยใช้ค่า Co – incidence factor ตามตารางที่ 1 และ 2 รวมกับโหลดไฟฟ้าส่วนกลางทั้งหมดที่คำนวณแล้วจากการใช้ค่า Demand factor แล้ว หากโหลดที่คำนวณได้มีขนาดตั้งแต่ 300 KVA ขึ้นไป จะต้องออกแบบจ่ายไฟฟ้าด้วยระบบไฟแรงสูง และขนาดหม้อแปลงที่ใช้ต้องไม่เล็กกว่า 1.25 เท่าของโหลดที่คำนวณได้ทั้งหมด

ตารางที่ 1

ค่า CO-INCEDENCE FACTOR
สำหรับห้องชุดประเภทที่อยู่อาศัย

ลำดับห้องชุด	CO-INCEDENCE FACTOR
1 – 10	0.9
11 – 20	0.8
21 – 30	0.7
31 – 40	0.6
41 -7 ขึ้นไป	0.5

ตารางที่ 2

ค่า CO-INCEDENCE FACTOR
สำหรับห้องชุดประเภทสำนักงานหรือร้านค้าทั่วไปและประเภทอุตสาหกรรม

ลำดับห้องชุด	CO-INCEDENCE FACTOR
1 – 10	1.0
11 ขึ้นไป	0.85

รูปที่ 8

ตัวอย่าง RISER DIAGRAM

3. การกำหนดขนาดมาตรวัดไฟฟ้า

3.1 มาตรวัดไฟฟ้าของห้องชุด การไฟฟ้าติดตั้งมาตรวัดไฟฟ้าให้ทุกห้องชุด โดยคิดให้ห้องละ 1 ตัว การกำหนดขนาดมาตรวัดอาจจะกำหนดจากการคำนวณโหลดตามข้อ 2.2 แล้วนำไปกำหนดขนาดมาตรวัดตามโหลดสูงสุดตามตารางที่ 5 หรืออาจจะกำหนดขนาดมาตรวัดตามตารางที่ 3 และ 4

3.2 การกำหนดขนาดมาตรวัดรวม ทำได้โดยการคำนวณโหลดตามข้อ 2.4 หากโหลดไม่ถึง 300 KVA จึงกำหนดขนาดมาตรวัดเป็นแรงต่ำตามโหลดสูงสุดของมาตรวัดตามตารางที่ 5 หากโหลดที่คำนวณได้มากกว่า 300 KVA ขึ้นไปจะจ่ายไฟฟ้าด้วยมาตรวัดแรงสูง ซึ่งจะสัมพันธ์กับขนาดของหม้อแปลงที่ติดตั้ง

ตารางที่ 3

ขนาดมาตรวัดไฟฟ้าแรงต่ำ สำหรับห้องชุดประเภทอยู่อาศัย

ลำดับที่	ประเภท	พ.ท. ห้อง(ตร.ม.)	โหลด (A)	ขนาดมาตรวัด
1	ไม่มีระบบทำความเย็น จากส่วนกลาง	55	30	15(45) A 1P
		150	75	30(100) A 1P
		180	100	50(150) A 1P
		180	30	15(45) A 3P
		483	75	30(100) A 3P
		660	100	50(150) A 3P
		1400	200	200 A 3P
		2866	400	400 A 3P
2	มีระบบทำความเย็น จากส่วนกลาง	35	10	5(15) A 1P
		180	30	15(45) A 1P
		525	75	30(100) A 1P
		800	100	50(150) A 1P
		690	30	15(45) A 3P
		2475	75	30(100) A 3P
		3000	100	50(150) A 3P
		6300	200	200 A 3P
		12900	400	400 A 3P

หมายเหตุ 1P หมายถึง มาตรวัดชนิด 1 เฟส 2 สาย

3P หมายถึง มาตรวัดชนิด 3 เฟส 4 สาย

ตารางที่ 4

ขนาดมาตรวัดแรงต่ำ สำหรับห้องชุดประเภทสำนักงานหรือร้านค้าทั่วไป

ลำดับที่	ประเภท	พ.ท. ห้อง(ตร.ม.)	โหลต (A)	ขนาดมาตรวัด
1	ไม่มีระบบทำความเย็น จากส่วนกลาง	40	30	15(45) A 1P
		105	75	30(100) A 1P
		140	100	50(150) A 1P
		125	30	15(45) A 3P
		320	75	30(100) A 3P
		425	100	50(150) A 3P
		850	200	200 A 3P
		1700	400	400 A 3P
2	มีระบบทำความเย็น จากส่วนกลาง	80	30	15(45) A 1P
		190	75	30(100) A 1P
		260	100	50(150) A 1P
		230	30	15(45) A 3P
		580	75	30(100) A 3P
		770	100	50(150) A 3P
		1550	200	200 A 3P
		3100	400	400 A 3P

หมายเหตุ 1. 1P หมายถึง มาตรวัดชนิด 1 เฟส 2 สาย

3P หมายถึง มาตรวัดชนิด 3 เฟส 4 สาย

2. ห้องชุดที่มีขนาดพื้นที่มากกว่าที่กำหนดในตารางที่ 4 จะกำหนดขนาดมาตรวัดเป็นรายๆไป

4. การป้องกันกระแสเกิน

4.1 การป้องกันกระแสเกินของห้องชุด ที่ห้องชุดต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกิน

อาจจะเป็นฟิวส์ หรือสวิตช์อัตโนมัติก็ได้ โดยจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 1.25 เท่าของโหลตที่คำนวณได้ตามข้อ 2.2 แต่ต้องไม่เกินขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกินของมาตรวัดแรงต่ำของแต่ละห้องชุดตามข้อ 4.2

4.2 การป้องกันกระแสเกินของมาตรวัดไฟฟ้าแรงต่ำ มาตรวัดไฟฟ้าแรงต่ำของห้องชุดต้องติดตั้ง สวิตช์อัตโนมัติ (ห้ามใช้ฟิวส์) ขนาด 1.25 เท่าของกระแสที่คำนวณได้ตามข้อ 2.2 แต่ถ้าขนาดที่คำนวณได้ไม่ตรงตามขนาดมาตรฐานที่ผู้ผลิตกำหนด ก็ให้เลือกขนาดที่สูงกว่าขึ้นไปอีก 1 ระดับที่คำนวณได้ แต่ต้องไม่เกินขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกินของมาตรวัดแรงต่ำของแต่ละห้องชุด หรือกำหนดขนาดจากตารางที่ 5 ก็ได้เช่นกัน ทั้งนี้ห้ามใช้วิธีติดตั้ง Backup fuse เพื่อเพิ่มพิสัยกระแสลัดวงจร

4.3 การป้องกันกระแสเกินของสายป้อน ได้จากโหลดที่คำนวณได้ตามข้อ 2.3 เครื่องป้องกันกระแสเกินต้องเป็นสวิตช์อัตโนมัติขนาดไม่ต่ำกว่าโหลดที่คำนวณได้ หากค่าที่ได้ไม่ตรงกับขนาดมาตรฐานที่ผู้ผลิต ยอมให้ใช้ขนาดใกล้เคียงสูงถัดขึ้นไป

4.4 การป้องกันกระแสเกินของสายเมนแรงต่ำ หมายถึงสายเมนหลังหม้อแปลง กรณีเป็นมาตรวัดแรงสูง หรือเป็นสายเมนแรงต่ำจากมาตรวัดรวมกรณีเป็นมาตรวัดแรงต่ำ ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินต้องไม่ต่ำกว่าโหลดไม่ต่อเนื่องบวกด้วย 1.25 เท่า ของโหลดต่อเนื่องที่คำนวณได้ ตามข้อ 2.4

หากผู้ใช้ไฟฟ้าติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินด้านแรงต่ำอาจจะกำหนดจากขนาดของหม้อแปลงก็ได้ ซึ่งอาจได้ค่าที่สูงขึ้น ในกรณีนี้สายไฟฟ้าแรงต่ำก็จะมีขนาดกระแสสูงขึ้นตามไปด้วย

เครื่องป้องกันกระแสเกินทั้งหมดที่ใช้ในอาคารชุด ต้องมีพิสัยตัดกระแสลัดวงจร (Interrupting capacity) ไม่ต่ำกว่าค่าที่คำนวณได้ตรงจุดติดตั้ง

5. การกำหนดขนาดสายไฟฟ้าและการเดินสาย

5.1 สายเมนเข้าห้องชุด สำหรับอาคารชุดประเภทอยู่อาศัย และประเภทสำนักงานหรือร้านค้าทั่วไป กำหนดให้สายเมนต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของโหลดที่คำนวณได้ตามข้อ 2.2 และต้องไม่เล็กกว่า 6 ตร.มม. แต่ถ้าเครื่องป้องกันกระแสเกินของมาตรวัด กำหนดจากตารางที่ 5 สายเมนนี้จะต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินนี้ด้วย

สำหรับอาคารชุดประเภทอุตสาหกรรม สายเมนจะต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าพิสัยสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินของมาตรวัดแต่ละขนาด

ขนาดสายเส้นศูนย์ กำหนดให้มีขนาดเพียงพอที่จะรับกระแสไม่สมดุลสูงสุดที่เกิดขึ้นกรณีระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย ขนาดของเส้นศูนย์มีข้อกำหนดดังนี้

- (ก) กรณีสายเส้นไฟมีกระแสของโหลดไม่สมดุลสูงสุดไม่เกิน 200 แอมแปร์ ขนาดกระแสของสายเส้นศูนย์ต้องไม่น้อยกว่ากระแสของโหลดไม่สมดุลสูงสุดนั้น

(ข) กรณีสายเส้นไฟมีกระแสของโหลดไม่สมดุลสูงสุดเกิน 200 แอมแปร์ ขนาดกระแสของสายเส้นศูนย์ต้องไม่น้อยกว่า 200 แอมแปร์ บวกด้วยร้อยละ 70 ของส่วนที่เกิน 200 แอมแปร์

(ค) ห้ามคำนวณลดขนาดกระแสของสายเส้นศูนย์ในส่วนของโหลดไม่สมดุลที่ประกอบด้วยโหลด Electric discharge อุปกรณ์ประเภทเกี่ยวกับ Data processing หรืออุปกรณ์ที่ทำให้เกิดกระแส Harmonic ในสายเส้นศูนย์

วิธีการเดินสายที่ยอมให้ใช้ได้คือ การเดินสายในท่อโลหะ (Metal raceway) ซึ่งฝังในคอนกรีต และถ้าหากใช้ท่อชนิด RSC, IMC, EMT หรือท่อโลหะแต่ละมาตรวัดต้องเดินแยกต่อกัน ยกเว้นการเดินใน WIREWAY ให้เดินรวมกันได้ ห้ามเดินสายเกาะผนัง หรือเดินสายเปิดบนวัสดุฉนวน และรางเคเบิล

การเดินสายอาจใช้ Bus way หรือ Bus trunking ได้แต่ต้องเป็นแบบ Totally enclosed สำหรับ Bus trunking ต้องเป็นตัวยานที่ทำมาจากทองแดงบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 98 % ถ้าเป็น Bus way อาจใช้อลูมิเนียมได้ตามที่ผลิตกำหนด

5.2 สายป้อน สายไฟฟ้าที่ใช้ต้องสามารถรับกระแสได้ไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของกระแสที่คำนวณได้ตามข้อ 2.3 สายป้อนไฟฟ้าของโหลดส่วนกลางที่ไม่ใช่แสงสว่างหรือเตารับ ต้องแยกจากสายป้อนของห้องชุด และมีได้มากกว่าหนึ่งเส้น โดยมีขนาดสายเส้นศูนย์ตามข้อ 5.1

สายป้อนกำหนดให้เดินในท่อสายโลหะ (Metal raceway) หรือ Bus way หรือ Bus trunking เท่านั้น และห้ามมีท่อก๊าซ ท่อประปา และท่อน้ำที่เดินรวมอยู่ด้วย

5.3 สายเมนแรงต่ำหลังหม้อแปลงหรือหลังมาตรวัดรวมแรงต่ำ การกำหนดขนาดสายไฟฟ้ากระทำได้ 2 วิธี คือ กำหนดจากโหลดที่คำนวณได้ตามข้อ 2.4 หรือ กำหนดจากขนาดของหม้อแปลง

การกำหนดขนาดของสายเมนแรงต่ำจากโหลด จะต้องมิขนาดกระแสไม่น้อยกว่ากระแสโหลดไม่ต่อเนื่องรวมกับ 1.25 เท่าของกระแสโหลดต่อเนื่องตามที่คำนวณได้จากข้อ 2.4 หรือ ถ้ากำหนดจากขนาดกระแสไฟฟ้าแรงต่ำของหม้อแปลง ขนาดกระแสของสายเมนแรงต่ำจะต้องไม่เกิน 1.25 เท่าของกระแสเมื่อ Full load ของหม้อแปลง แต่ต้องไม่ต่ำกว่าค่าที่กำหนดจากโหลด

การกำหนดขนาดของสายไฟฟ้าของสายเมนแรงต่ำมีข้อควรระวังคือ ต้องดูขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายเมนแรงต่ำตามข้อ 4.4 นั้น กำหนดจากโหลด หรือ กระแสเมื่อ Full load ของหม้อแปลงซึ่งต้องใช้ให้เหมือนกัน และขนาดของสายเส้นศูนย์กำหนดเช่นเดียวกับข้อ 5.1

6. ข้อกำหนดอื่นๆ

6.1 หม้อแปลงและห้องหม้อแปลง กรณีที่คำนวณโหลดได้ตั้งแต่ 300 KVA ขึ้นไป การไฟฟ้านครหลวงจะจ่ายไฟฟ้าให้ในระบบไฟแรงสูงผู้ใช้ไฟฟ้า จึงต้องติดตั้งหม้อแปลงเพื่อปรับแรงดันไฟฟ้าให้ได้ตามความต้องการ หม้อแปลงที่ติดตั้งภายในต้องเป็นหม้อแปลงชนิดแห้ง หรือชนิดฉนวนไม่ติดไฟ และติดตั้งในเครื่องห่อหุ้มที่มี Degree of protection ไม่ต่ำกว่า IP 21 ตามมาตรฐาน IEC ซึ่งฉนวนหม้อแปลงต้องไม่เป็นพิษต่อบุคคลและสิ่งแวดล้อม ขนาดหม้อแปลงต้องไม่เล็กกว่า 1.25 เท่าของโหลดที่คำนวณได้ และห้องหม้อแปลงต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของห้องหม้อแปลงแต่ละชนิด

6.2 แผงสวิตช์แรงต่ำหลังหม้อแปลง หรือหลังมาตรวัดรวมแรงต่ำ แผงสวิตช์ต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดในเรื่องแผงสวิตช์ และต้องมี Degree of protection ไม่ต่ำกว่า IP 31 ตามมาตรฐาน IEC ขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกินสอดคล้องกับที่ได้กล่าวเอาไว้ในเรื่องการป้องกันกระแสเกิน ตามข้อ 4

6.3 แผงสวิตช์แรงสูง ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดเรื่องแผงสวิตช์แรงสูง เครื่องป้องกันกระแสเกินที่เป็นสวิตช์อัตโนมัติ ต้องเป็นชนิด Nonflammable medium และถ้าใช้ Power fuse เป็นเครื่องป้องกันกระแสเกินต้องใช้ร่วมกับ Load break switch แผงสวิตช์แรงสูงต้องมีค่า Degree of protection ไม่น้อยกว่า IP 31 ตามมาตรฐาน IEC

6.4 การต่อลงดิน เป็นไปตามข้อกำหนดของการต่อลงดินตามบทที่ 4 เ้ารับที่ใช้ในห้องชุดต้องเป็นชนิดที่มีสายดิน และต้องต่อลงดินด้วยการต่อฝากสายดินเข้ากับสายเส้นศูนย์ ให้ทำได้ทีเดียวเท่านั้นที่แผงสวิตช์แรงต่ำหลังหม้อแปลง หรือหลังมาตรวัดรวมแรงต่ำที่เรียกว่า MDB (Main distribution board) สายดินต้องต่อเข้ากับหลักดินด้วยวิธี exothermic welding หลักดินที่ใช้ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของหลักดิน โดยฝังห่างจากอาคารไม่น้อยกว่า 60 ซม. ถ้าเป็นหลักดินชนิดแท่งปลายด้านบนต้องฝังลึกจากผิวดินไม่น้อยกว่า 30 ซม. สิ่งสำคัญที่สุดก็คือต้องมีจุดทดสอบเตรียมเอาไว้ในจุดที่เข้าถึงได้สะดวก

อาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ คือ อาคารที่เป็นไปตามกฎกระทรวงมหาดไทย ฉบับที่ 33(พ.ศ.2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 มีข้อกำหนดกว้างๆ ว่าเป็นอาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 23 เมตรขึ้นไป หรือเป็นอาคารที่มีพื้นที่รวมตั้งแต่ 10,000 ตารางเมตรขึ้นไป

อาคารสูงอาจเป็นอาคารชุดหรือไม่ก็ได้ ถ้าเป็นอาคารชุดต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดของอาคารชุดด้วย อาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่เป็นพิเศษ มีข้อกำหนดเพิ่มเติมจากข้อกำหนดทั่วไปหลายอย่างด้วยกันคือ

การเดินสายห้ามเดินสายบนผิว หรือเดินเกาะผนัง และถ้าเป็นอาคารชุดการเดินสายให้ปฏิบัติตามข้อกำหนดของอาคารชุดด้วย

หม้อแปลงและห้องหม้อแปลง แผงสวิตช์แรงสูง และการต่อลงดิน ให้ใช้ข้อกำหนดของอาคารชุด

อาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ ตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 33 มีข้อกำหนดเรื่องระบบไฟฟ้าดังนี้

1) ต้องมีระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้า เพื่อระบบไฟแสงสว่าง และไฟกำลัง ซึ่งต้องมีการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า ตามมาตรฐานของการไฟฟ้านครหลวงหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ต้องติดตั้งเมนสวิตช์ไว้ในที่ที่จัดเอาไว้โดยเฉพาะ โดยแยกจากบริเวณที่ใช้สอยเพื่อการอื่น จะจัดทำเป็นห้องโดยเฉพาะกรณีติดตั้งภายในอาคาร หรือจะสร้างอาคารขึ้นมาโดยเฉพาะกรณีที่ตั้งอยู่นอกอาคาร

2) แผงสวิตช์วงจรย่อยทุกแผงของระบบไฟฟ้าต้องต่อลงดิน โดยปฏิบัติตามมาตรฐานของการไฟฟ้านครหลวงหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

3) อาคารสูงต้องมีระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่า ซึ่งประกอบด้วยสายล่อฟ้า เสาล่อฟ้า สายตัวนำ สายนำลงดิน และหลักสายดินที่เชื่อมโยงกันเป็นระบบ สำหรับสายนำลงดินต้องมีขนาดเทียบเท่าสายทองแดงขนาดไม่น้อยกว่า 30 ตร.มม. และจะต้องแยกอิสระจากสายดินในระบบอื่นๆ

อาคารแต่ละหลังต้องมีสายตัวนำเดินโดยรอบอาคาร และมีสายนำลงดินต่อกับสายตัวนำห่างกันทุกระยะไม่เกิน 30 เมตร วัดตามแนวรอบอาคาร ทั้งนี้สายนำลงดินของแต่ละอาคารจะต้องมีไม่น้อยกว่าอาคารละ 2 เส้น

เหล็กเสริมหรือเหล็กรูปพรรณในโครงสร้างอาคารอาจใช้เป็นสายนำลงดินได้ ถ้ามีระบบถ่ายประจุไฟฟ้าลงหลักดินได้อย่างถูกต้องตามหลักวิชาทางช่าง

ระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่า ให้เป็นไปตามมาตรฐานเพื่อความปลอดภัยของสำนักงานพลังงานแห่งชาติ

4) ต้องมีระบบจ่ายไฟฟ้าสำรอง สำหรับกรณีฉุกเฉินแยกเป็นอิสระจากระบบอื่นและสามารถทำงานได้ โดยอัตโนมัติเมื่อระบบจ่ายไฟฟ้าปกติหยุดทำงาน โดยต้องมีหลักเกณฑ์ดังนี้

4.1 สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง สำหรับเครื่องหมายแสดงทางออกฉุกเฉิน ทางเดิน ห้องโถง บันได และระบบสัญญาณเตือนเพลิงไหม้

4.2 สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ตลอดเวลาสำหรับลิฟต์ดับเพลิง เครื่องสูบน้ำดับเพลิง ห้องช่วยชีวิตฉุกเฉิน ระบบสื่อสาร เพื่อความปลอดภัยของสาธารณะและกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิตหรือสุขภาพเมื่อเกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้อง

5) กระแสไฟฟ้าที่ใช้กับลิฟต์ดับเพลิง ต้องมาจากแผงเมนสวิตช์ เป็นวงจรที่แยกเป็นอิสระจากวงจรทั่วไป และวงจรไฟฟ้าสำรองสำหรับลิฟต์ดับเพลิงต้องมีการป้องกันอันตรายจากเพลิงไหม้ได้ดีพอ

6) ต้องมีระบบสัญญาณเตือนเพลิงไหม้ทุกชั้น โดยจะต้องมีอุปกรณ์ดังนี้

6.1 อุปกรณ์ส่งสัญญาณหนีไฟ ที่สามารถส่งเสียงหรือสัญญาณเพื่อให้คนทราบอย่างทั่วถึง

6.2 อุปกรณ์แจ้งเหตุทั้งแบบอัตโนมัติและใช้มือ เพื่อให้อุปกรณ์ตามข้อ 6.1 ทำงาน

7) แบบแปลนระบบไฟฟ้า ประกอบด้วย

7.1 แผนผังวงจรไฟฟ้าของแต่ละชั้นของอาคาร ที่มีมาตราส่วนเช่นเดียวกับที่กำหนดในกฎกระทรวง ว่าด้วยขนาดของแบบแปลนที่ต้องยื่นประกอบในการขออนุญาตก่อสร้างอาคารประกอบด้วย

ก. รายละเอียดการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดในแต่ละวงจรรย่อยของระบบไฟฟ้ากำลังและแสงสว่าง

ข. รายละเอียดการเดินสายและการติดตั้งอุปกรณ์ระบบสัญญาณเตือนเพลิงไหม้

ค. รายละเอียดการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าสำรอง

7.2 แผนผังวงจรไฟฟ้าแสดงรายละเอียดของระบบสายดิน สายเมน รวมทั้งรายละเอียดการป้องกันสายเมนดังกล่าว และอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดทุกระบบ

7.3 รายการประกอบแสดงรายละเอียดของการใช้ไฟฟ้า

7.4 แผนผังวงจรของการติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า แผงจ่ายไฟฟ้า และแผงจ่ายไฟฟ้าสำรอง

7.5 แผนผังและรายละเอียดการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดของระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่า

บรรณานุกรม

- ทองสุข ชันดินนท์. การเดินสายไฟฟ้าในอาคาร. กรุงเทพฯ ฯ : กลุ่มงานพัฒนาหลักสูตร กองพัฒนาเทคโนโลยีการฝึกและพัฒนาฝีมือแรงงาน กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน, 2539
- มงคล ชมบุญ. การติดตั้งไฟฟ้าอาคารและการติดตั้งไฟฟ้าในโรงงาน. กรุงเทพฯ ฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฤทธิศรีการพิมพ์, 2537
- ลือชัย ทองนิล. กฎการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า พ.ศ.2538. กรุงเทพฯ ฯ : กองฝึกอบรม ด้านช่าง ฝ่ายพัฒนาบุคลากร การไฟฟ้านครหลวง, 2538
- กมล ตันพิพัฒน์. “การทำงานกับไฟฟ้าแรงสูง” (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : www.geocities.com/eec_academic/hi_volt.html
- การไฟฟ้านครหลวง. “ความปลอดภัยและการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัด” (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : www.mea.or.th



บรรณานุกรม

กรมพัฒนาการช่าง, กรมอุทกหารเรือ “ความรู้เบื้องต้นสำหรับช่างตัดเย็บ” กรุงเทพฯ ฯ
อุทกหารเรือธนบุรี, กรมอุทกหารเรือ “กรรมวิธีการปฏิบัติงาน โรงงานช่างเย็บ” กรุงเทพฯ ฯ
เสถียร วิชัยลักษณ์, ร้อยตำรวจโท และ สืบวงศ์ วิชัยลักษณ์, พันตำรวจเอก “พระราชบัญญัติ
รง พ.ศ.๒๕๒๒”

อุตสาหกรรม, กระทรวง “มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผ้าใบ”

- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๔๕ (พ.ศ.๒๕๑๖) ออกตามความ 64
ในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์ พ.ศ.๒๕๑๑ เรื่อง กำหนด
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผ้าใบ
- พระราชบัญญัติรง พ.ศ.๒๕๒๒ 71
- กฎกระทรวง (พ.ศ.๒๕๒๔) ออกตามความ 87
ในพระราชบัญญัติรง พ.ศ.๒๕๒๒
- กฎกระทรวง ฉบับที่ ๒ (พ.ศ.๒๕๒๖) ออกตามความ 88
ในพระราชบัญญัติรง พ.ศ.๒๕๒๒
- กฎกระทรวง ฉบับที่ ๓ (พ.ศ.๒๕๓๕) ออกตามความ 89
ในพระราชบัญญัติรง พ.ศ.๒๕๒๒
- แจ้งความสำนักนายกรัฐมนตรี เรื่อง พระราชทานพระบรม 90
ราชานุญาตประดับแพรแถบเกียรติคุณแก่ธงชัยเฉลิมพล
- ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรี ว่าด้วยการใช้ การชัก หรือ 91
การแสดงธงชาติและธงของต่างประเทศในราชอาณาจักร พ.ศ.๒๕๒๕
- บรรณานุกรม 102



