

บทที่ 3

ระบบไฟฟ้า ระบบควบคุม อุปกรณ์ป้องกันและอุปกรณ์ตรวจสอบ

ในการติดตั้งไฟฟ้าสาธารณะต้องคำนึงถึงความมั่นคงและปลอดภัยต่อสาธารณชน โดยมีองค์ประกอบสำคัญที่ต้องพิจารณา ในเรื่องการติดตั้งทางไฟฟ้า การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ ระบบควบคุม และอุปกรณ์ป้องกันซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การติดตั้งทางไฟฟ้า

การติดตั้งให้ยึดถือมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พุทธศักราช 2545 (มาตรฐาน วสท. 2001-45) โดยการติดตั้งไฟฟ้าสาธารณะสามารถแบ่งได้เป็น

3.1.1 การเดินสายเปิดหรือเดินลอย (Opening Wiring) บนวัสดุฉนวน

3.1.1.1 การเดินสายเปิดบนวัสดุฉนวน หมายถึง วิธีการเดินสายแบบเปิดโล่งโดยใช้ตุ้มหรือลูกถ้วยเพื่อการจับยึด สายที่ใช้ต้องเป็นสายแกนเดี่ยวและต้องไม่ถูกปิดบังด้วยโครงสร้างของอาคาร

3.1.1.2 การเดินสายในสถานที่ชื้น เปียก หรือมีไอที่ทำให้เกิดการผุกร่อน ต้องมีการป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายแก่สายไฟฟ้า

3.1.1.3 สายไฟทุกเส้นจะต้องเป็นสายหุ้มฉนวน PVC ขนาดแรงดัน 750 โวลต์ ตาม มอก. 11-2531 และจะต้องไม่มีการตัดต่อสายไฟที่ใด นอกจากที่ขั้วต่อสายหรือกล่องต่อสาย

3.1.1.4 วัสดุฉนวนสำหรับการเดินสายต้องเป็นชนิดที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน

3.1.1.5 การเดินสายบนตุ้มให้ขึ้นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 3-1 โดยติดตั้งบนแร็ค และลูกรอกแรงต่ำได้ สายตัวนำต้องเป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนชนิดใช้ภายนอก ที่มีขนาดเพียงพอที่รับโหลดทั้งหมดได้ และต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 4 ตร.มม. ในพื้นที่บริการของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ยอมให้ใช้สายอลูมิเนียมหุ้มฉนวนได้ แต่ทั้งนี้ต้องไม่เล็กกว่า 10 ตร.มม.

3.1.1.6 การเดินสายบนลูกถ้วยให้ขึ้นไปตามที่กำหนดใน ตารางที่ 3-2

3.1.1.7 สายไฟฟ้าซึ่งติดตั้งบนตุ้มหรือลูกถ้วยจะต้องยึดกับฉนวนที่รองรับให้มั่นคง ในกรณีที่ใช้ลวดผูกสาย (Tie Wire) ให้ใช้ชนิดที่มีฉนวนที่ทนแรงดันเทียบเท่าฉนวนของสายไฟฟ้านั้น ในกรณีนี้อาจจะสัมผัสได้โดยพลั้งเผลอ

ตารางที่ 3 -1 การเดินสายเปิดบนวัสดุฉนวนภายในอาคาร

การติดตั้ง	ระยะสูงสุดระหว่างจุดจับยึดสาย (เมตร)	ระยะห่างต่ำสุดระหว่าง (เมตร)		ขนาดสายใหญ่สุด (ตร.มม.)
		สายไฟฟ้า	สายไฟฟ้ากับสิ่งปลูกสร้าง	
บนค้ำ	2.5	0.1	0.025	50
บนลูกถ้วย	5.0	0.15	0.05	ไม่กำหนด

ตารางที่ 3 -2 การเดินสายเปิดบนลูกถ้วยภายนอกอาคาร

ระยะสูงสุดระหว่างจุดจับยึดสาย (เมตร)	ระยะห่างต่ำสุดระหว่าง (เมตร)		ขนาดสายเล็กสุด (ตร.มม.)
	สายไฟฟ้า	สายไฟฟ้ากับสิ่งปลูกสร้าง	
ไม่เกิน 10	0.15	0.05	2.5
11-25	0.20	0.05	4
26-40	0.20	0.05	6

3.1.2 การเดินสายในท่อโลหะหนา (Rigid Metal Conduit) ท่อโลหะหนาปานกลาง (Intermediate Metal Conduit)

3.1.2.1 ท่อโลหะดังกล่าวสามารถใช้กับงานเดินสายทั่วไปทั้งในสถานที่แห้ง ชื้นและเปียก โดยต้องติดตั้งให้เหมาะสมกับสภาพใช้งาน

3.1.2.2 ในสถานที่เปียก ท่อโลหะและส่วนประกอบที่ใช้ยึดท่อโลหะ เช่น สลักเกลียว (Bolt) สแตรป (Strap) สกรู (Screw) ฯลฯ ต้องเป็นชนิดที่ทนต่อการผุกร่อน

3.1.2.3 ปลายท่อที่ถูกตัดออกต้องลบคม เพื่อป้องกันไม่ให้บาดเจ็บของสาย การทำเกลียวท่อต้องใช้เครื่องมือทำเกลียวชนิดปลายเรียว

3.1.2.4 ข้อต่อ (Coupling) และข้อต่อยึด (Connector) ชนิดไม่มีเกลียว ต้องต่อให้แน่นเมื่อติดตั้งในสถานที่เปียกต้องใช้ชนิดกันฝน (Rain Tight)

3.1.2.5 มุมคดโค้งระหว่างจุดดึงสายรวมกันแล้วต้องไม่ต่ำกว่า 360 องศา

3.1.2.6 ห้ามใช้ท่อโลหะขนาดเล็กกว่า 15 มม.

3.1.2.7 ต้องติดตั้งระบบท่อให้เสร็จก่อน จึงทำการเดินสายไฟฟ้า

3.1.3 การเดินสายในท่อโลหะแข็ง (Rigid Nonmetallic Conduit)

ท่อโลหะแข็งและเครื่องประกอบการเดินท่อ ต้องใช้วัสดุที่เหมาะสม ทนต่อความชื้น สภาพอากาศและสารเคมี สำหรับท่อที่ใช้เหนือดินต้องมีคุณสมบัติด้านเปลวเพลิง (Flame-Retardant) ทนแรงกระแทกและแรงอัด ไม่บิดเบี้ยวเพราะความร้อนภายใต้สภาวะที่อาจเกิดขึ้นเมื่อใช้งาน ในสถานที่ใช้งานซึ่งท่อร้อยสายมีโอกาสถูกแสงแดด โดยตรง ต้องใช้ท่อร้อยสายชนิดทนต่อแสงแดด สำหรับท่อที่ใช้ใต้ดิน วัสดุที่ใช้ต้องทนความชื้น ทนสารที่ทำให้ผุกร่อนและมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะทนแรงกระแทกได้โดยไม่เสียหาย ถ้าใช้ฝังดินโดยตรง โดยไม่มีคอนกรีตหุ้มวัสดุที่ใช้ต้องสามารถทนน้ำหนักกดที่อาจเกิดขึ้นภายหลังการติดตั้งได้

3.1.3.1 ห้ามใช้ท่อโลหะแข็งที่มีขนาดเล็กกว่า 15 มม.

3.1.3.2 มุมคดโค้งระหว่างจุดดึงสายรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 360 องศา

3.1.3.3 ต้องติดตั้งระบบท่อให้เสร็จก่อน จึงทำการเดินสายไฟฟ้า

หมายเหตุ ควรหลีกเลี่ยงการเดินสายไฟฟ้าฝังดินโดยตรง (Direct Burial) แต่หากมีความจำเป็นที่จะต้องติดตั้ง ให้ปฏิบัติตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2545

3.2 ชนิดของสายไฟฟ้า

สายไฟฟ้าที่อนุญาตให้ใช้ได้แก่ สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนแกนเดี่ยวและสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก ดังนี้

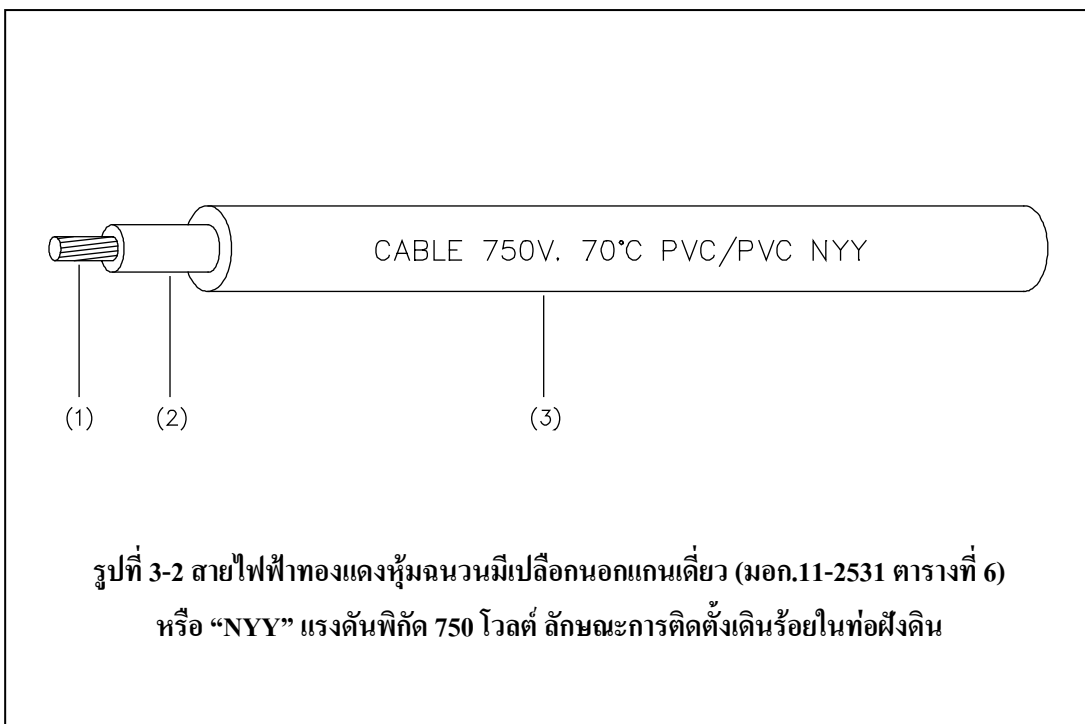
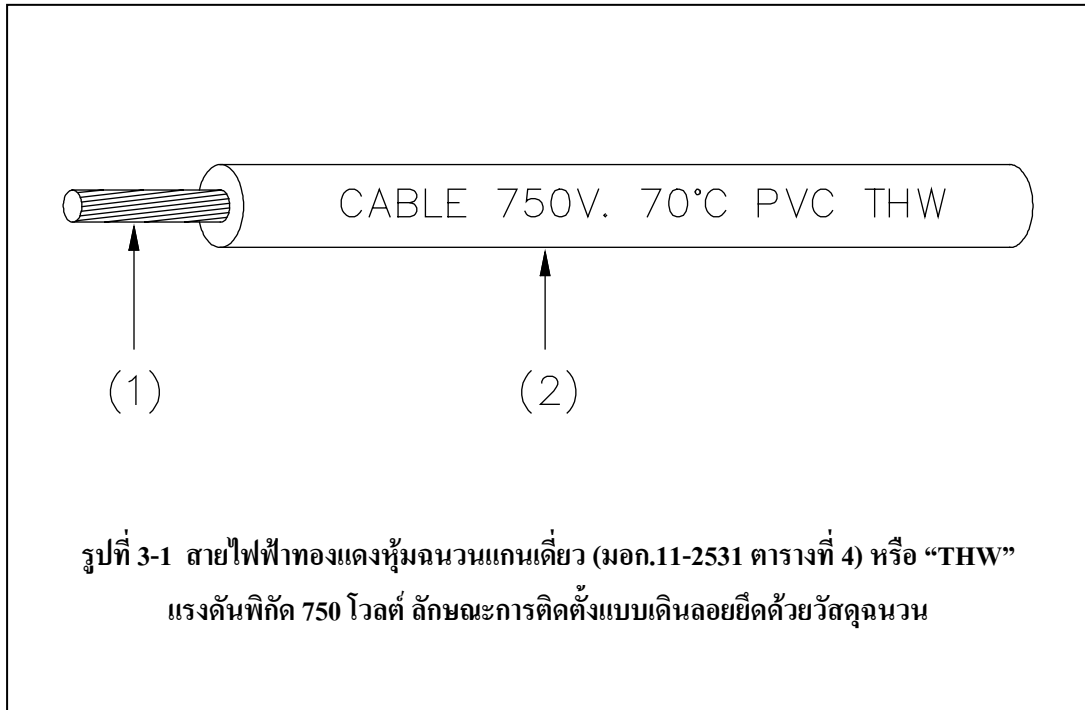
3.2.1 สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนแกนเดี่ยว (มอก.11-2531 ตารางที่ 4) หรือ “THW” แรงดันพิกัด 750 โวลต์ ลักษณะการติดตั้งแบบเดินลอยยึดด้วยวัสดุฉนวน (รูป 3-1)

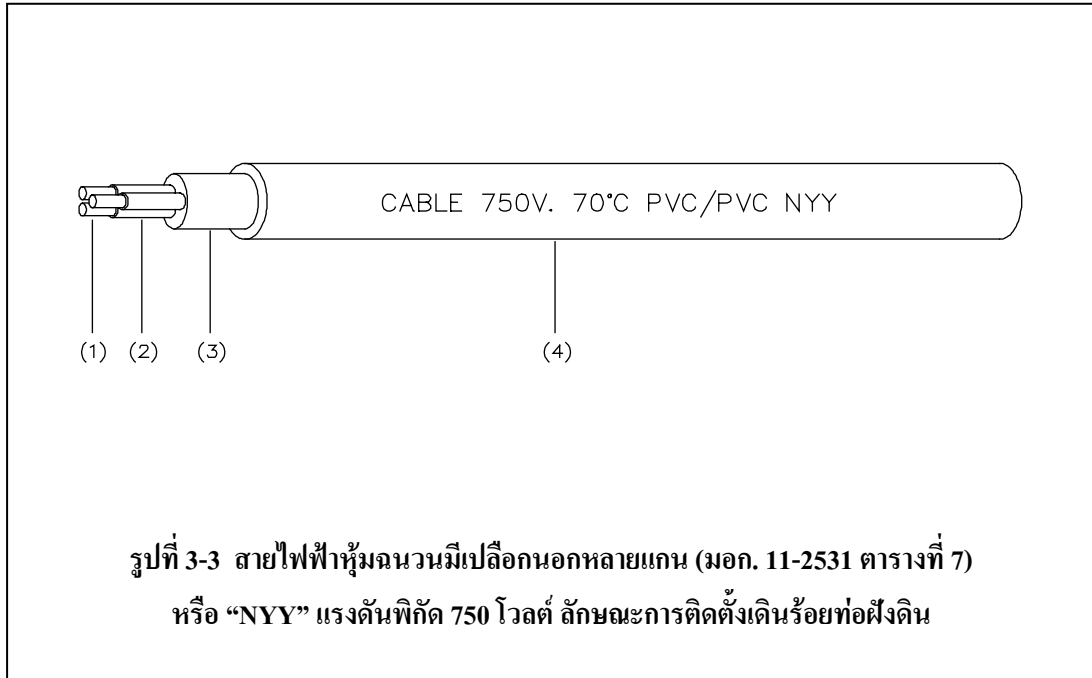
3.2.2 สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนมีเปลือกนอกแกนเดี่ยว (มอก.11-2531 ตารางที่ 6) หรือ “NYY” แรงดันพิกัด 750 โวลต์ ลักษณะการติดตั้งเดินร้อยในท่อฝังดิน (รูป 3-2)

3.2.3 สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนมีเปลือกนอกหลายแกน (มอก. 11-2531 ตารางที่ 7) หรือ “NYY” แรงดันพิกัด 750 โวลต์ ลักษณะการติดตั้งเดินร้อยท่อฝังดิน (รูป 3-3) และใช้ร่วมกับระบบต่อลงดินแบบ TT

3.2.4 สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก มีสายดิน (มอก.11-2531 ตารางที่ 14) หรือ “NYY-GRD” แรงดันพิกัด 750 โวลต์ ลักษณะการติดตั้งเดินร้อยท่อฝังดิน และใช้ร่วมกับระบบการต่อลงดินแบบ TN-C-S

3.2.5 สายไฟฟ้าอลูมิเนียมหุ้มฉนวนแกนเดี่ยว (มอก.293)



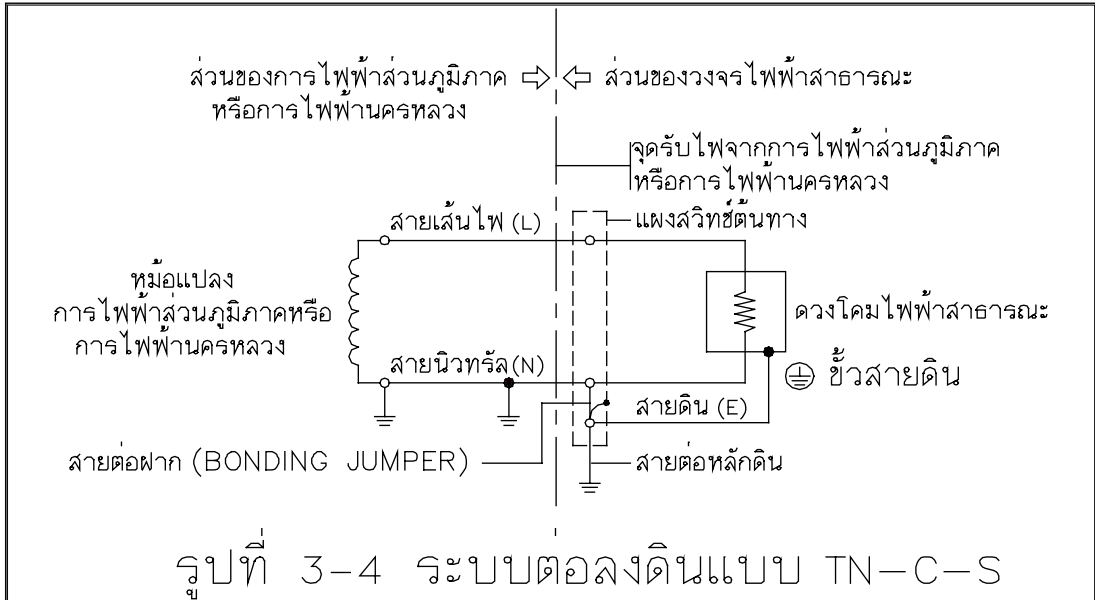


3.3 การต่อลงดิน

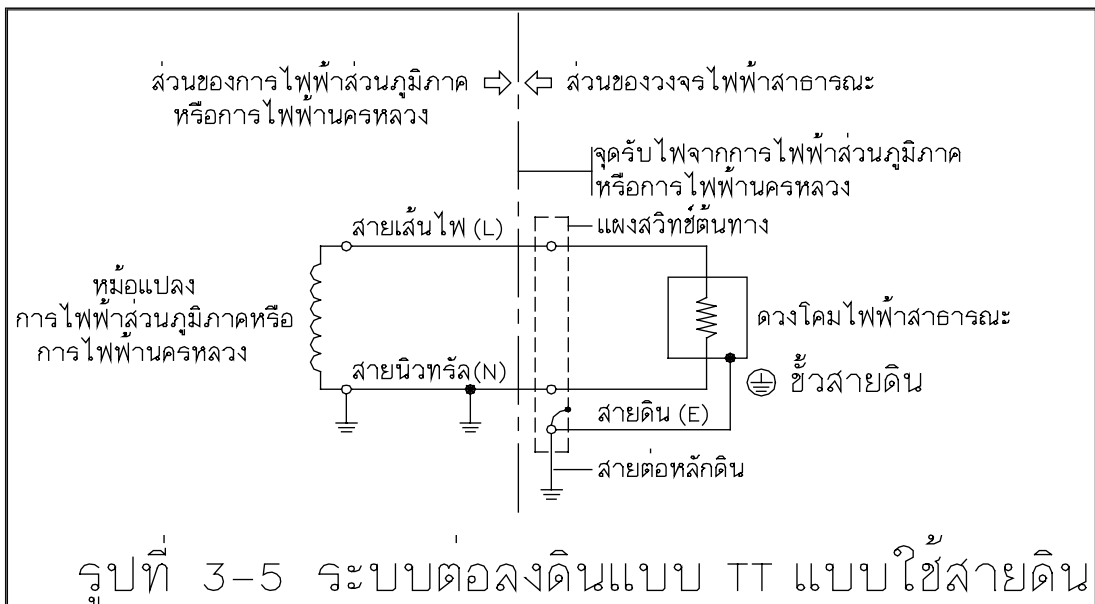
ระบบไฟฟ้าสาธารณะกำหนดให้มีการต่อลงดิน

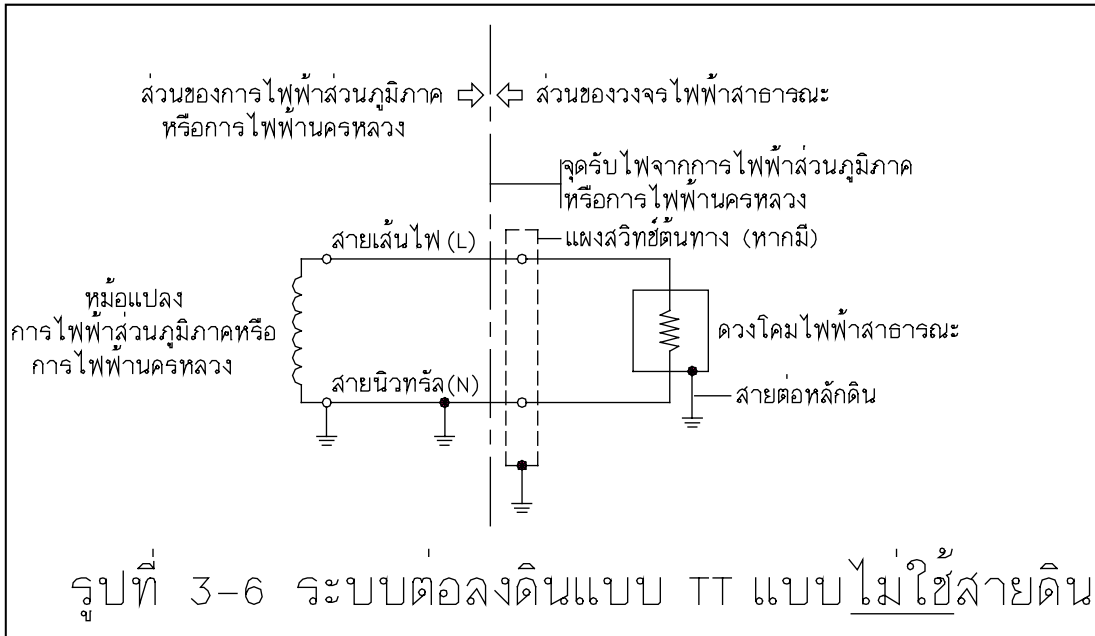
3.3.1 ระบบการต่อลงดิน (Grounding) ส่วนโลหะของไฟฟ้าสาธารณะจะต้องมีการต่อลงดินตามระบบการต่อลงดินที่ระบุไว้ไว้อย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

ก. ระบบ TN-C-S เป็นระบบต่อลงดินที่ใช้สายดิน (สียเขียวหรือสียเขียวคาดเหลือง) แยกต่างหากต่อส่วนโลหะของไฟฟ้าสาธารณะ และต่อร่วมกับสายนิวทรัลเพียงจุดเดียวที่แผงสวิตซ์ตั้งทางพร้อมกับต่อลงดินที่จุดนั้น (เป็นจุดหลังรับไฟจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค/การไฟฟ้านครหลวง) ตามที่แสดงไว้ดังรูปที่ 3-4



ข. ระบบ TT เป็นระบบต่อลงดินที่ไม่เกี่ยวข้องกับระบบต่อลงดินของไฟฟ้ากำลังมีการต่อวงจรตามที่แสดงไว้ดังรูปที่ 3-5 และ รูปที่ 3-6





- หมายเหตุ 1. รูปที่ 3-4, 3-5 และ 3-6 แสดงเฉพาะโหลด 1 เฟส
 2. รูปที่ 3-4, 3-5 และ 3-6 แสดงเฉพาะระบบต่อลงดินไม่ได้แสดงระบบป้องกันอื่นไว้

3.3.2 ชนิด/ขนาดสายต่อหลักดิน

- สายทองแดงหุ้มฉนวนขนาดระบุอย่างต่ำ 10 ตร.มม.
- แผ่นเหล็กอาบสังกะสีขนาดพื้นที่หน้าตัดไม่ต่ำกว่า 27.4 ตร.มม. และความหนาไม่น้อยกว่า 3 มม.
- ลวดเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีตีเกลียวขนาดระบุอย่างต่ำ 25 ตร.มม.
- เหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างต่ำ 6 มม.

หมายเหตุ ลวดเหล็กตีเกลียวชุบสังกะสีและเหล็กเส้นกลมให้ใช้ฝังในเสาไฟฟ้าคอนกรีตเท่านั้น

3.3.3 จุดต่อสำหรับสายต่อหลักดินเข้ากับหลักดิน

- เชื่อมด้วยความร้อน (Exothermic Welding)
- แบบบีบอัด (Compression Type)
- แบบประกบ (Clamp Type)
- แบบเชื่อมไฟฟ้า (Electric Welding) ใช้ในกรณีสายดินฝังในเสาไฟฟ้าคอนกรีต และแผ่นเหล็กอาบสังกะสีต่อกับหลักดิน (พร้อมทา Cold Galvanizing หรือ Zinc-Spray ที่จุดเชื่อมด้วย)

3.3.4 ความต้านทานการต่อลงดิน

แผงสวิตช์ (หากเป็นโลหะ) และ/หรือส่วนโลหะไฟฟ้าสาธารณะ จะต้องมีการต่อลงดิน และมีค่าความต้านทานหลักดินกับดินตามที่ระบุไว้ในข้อ 3.3.5

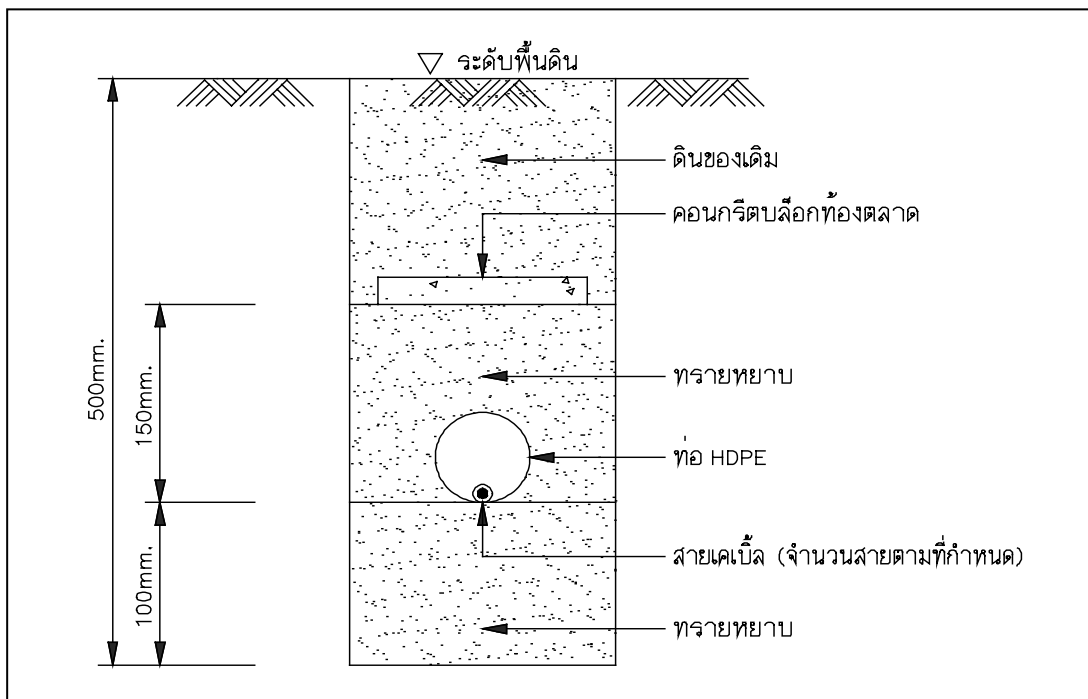
หมายเหตุ ให้ปักหลักดินขนานกับหลักดินเดิม 1.8 ถึง 2.4 เมตร เพิ่มเติมในกรณีที่ไม่สามารถทำค่าความต้านทานหลักดินกับดินตามที่ระบุในข้อ 3.3.5 ได้

3.3.5 ข้อกำหนดการเลือกใช้ระบบต่อลงดิน

ระบบไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้าท้องถิ่น	วงจรการจ่ายไฟฟ้าสาธารณะ	สถานที่ตั้งของโคมไฟฟ้าสาธารณะ	ระบบต่อลงดินที่แนะนำ	ความต้านทานการต่อลงดิน
สายอากาศ	สายอากาศ	บนเสาไฟฟ้าคอนกรีต อยู่สูงจากพื้นดินมากกว่า 2.4 เมตร	TT แบบไม่ใช้สายดิน	25 โอห์ม (สูงสุด)
สายอากาศ	สายใต้ดิน	บนทางเดินทางราบที่มีผู้คนสัญจรประจำและสามารถสัมผัสกับส่วนโลหะโคมไฟฟ้าสาธารณะทุกต้นได้	TN-C-S	25 โอห์ม (สูงสุด)
			TT แบบไม่ใช้สายดิน	5 โอห์ม (สูงสุด)
			TT แบบไม่ใช้สายดิน	25 โอห์ม (สูงสุด) + การใช้เครื่องตัดไฟรั่วที่มีพิกัด $I_{\Delta N}$ สูงสุด 30 มิลลิแอมแปร์ ที่เสาเหล็กไฟฟ้าสาธารณะทุกต้น
			TT แบบใช้สายดิน	25 โอห์ม (สูงสุด) + การใช้เครื่องตัดไฟรั่วที่มีพิกัด $I_{\Delta N}$ สูงสุด 30 มิลลิแอมแปร์ ที่เสาเหล็กไฟฟ้าสาธารณะทุกต้น
สายอากาศ/สายใต้ดิน	สายใต้ดิน บางส่วน + สายอากาศ (ร้อยท่อเกาะกับโครงสร้างสะพาน)	-สะพานลอยคนเดินข้ามถนน -สะพานข้ามทางแยก หรือ -สะพานอื่นใดที่ออกแบบให้ผู้คนสามารถสัญจรบนสะพานนั้นได้	TN-C-S	25 โอห์ม (สูงสุด)
			TT แบบใช้สายดิน	5 โอห์ม (สูงสุด)
			TT แบบใช้สายดิน	25 โอห์ม (สูงสุด) + การใช้เครื่องตัดไฟรั่วที่มีพิกัด $I_{\Delta N}$ สูงสุด 30 มิลลิแอมแปร์ ที่เสาเหล็กไฟฟ้าสาธารณะทุกต้น

ตาราง 3 - 3 ความลึกสำหรับใต้ดินระบบแรงต่ำ

วิธีการเดินสาย	ความลึกต่ำสุด (ม.)	
	ไม่มีแผ่นคอนกรีตกั้น	มีแผ่นคอนกรีตกั้น
1. เคเบิลฝังดินโดยตรง	0.60	0.45
2. ท่อโลหะหนาและท่อโลหะหนาปานกลาง	0.15	0.15
3. ท่อโลหะซึ่งได้รับความเห็นชอบจากการไฟฟ้าฯ (รูปที่ 3-7)	0.45	0.30



รูปที่ 3-7 แสดงวิธีการเดินสายเคเบิลใต้ดิน

3.4 ระบบควบคุมไฟฟ้าสาธารณะ

การควบคุมไฟฟ้าสาธารณะควรติดตั้งให้อยู่ในสถานที่ที่เหมาะสมแก่การควบคุม หรือ เลือกใช้การควบคุมโดยอัตโนมัติ อาทิเช่น ใช้สวิทช์ควบคุมด้วยแสง (Photo Switch) ในการควบคุมการเปิด-ปิดไฟฟ้าสาธารณะ ร่วมกับชุดคอนแทกเตอร์ หรือ ใช้สวิทช์เวลา (Timer Switch)

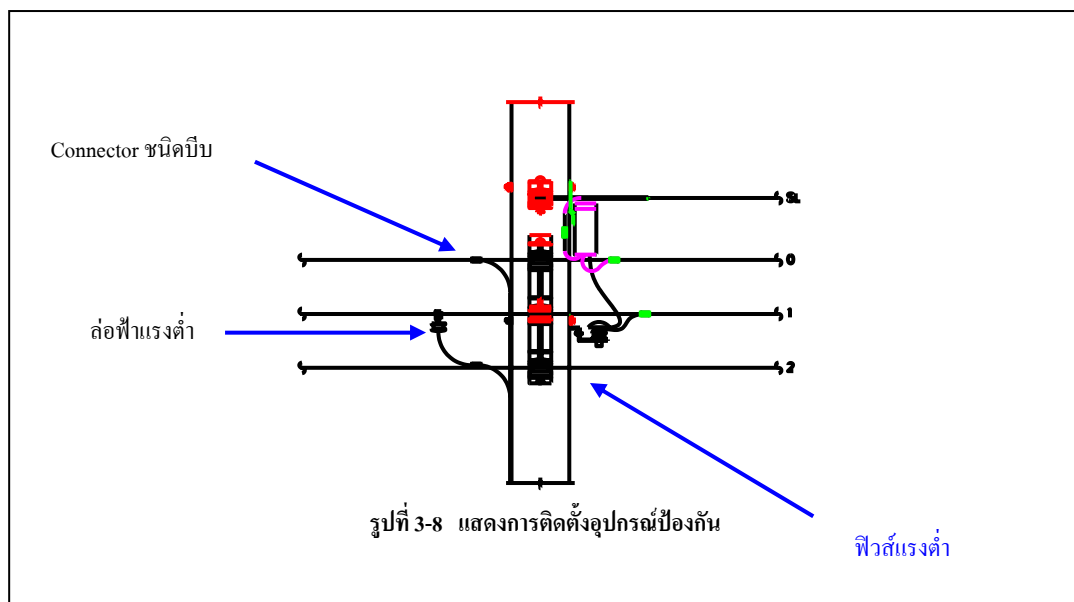
3.5 อุปกรณ์ป้องกัน

3.5.1 สำหรับไฟฟ้าสาธารณะที่ติดตั้งบนเสาไฟฟ้าของการไฟฟ้าท้องถิ่น และมีการติดตั้งสายไฟฟ้าบนลูกถ้วย ให้จัดให้มี ฟิวส์ ทุกโคมไฟฟ้าสาธารณะ (รูปที่ 3-8)

3.5.2 สำหรับไฟฟ้าสาธารณะที่ติดตั้งแบบสายใต้ดิน ให้มีการติดตั้งฟิวส์ ลูกถ้วยที่ช่องบริการบริเวณโคนเสาไฟฟ้าแสงสว่างสาธารณะทุกต้น

3.5.3 ให้ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินและลัดวงจรที่แหล่งจ่ายไฟต้นทางของวงจรไฟฟ้าสาธารณะ

3.5.4 ให้ติดตั้งอุปกรณ์กันฟ้า (Lightning Arrester) สำหรับแรงต่ำของโคมไฟแสงสว่างสาธารณะที่ต้องพาดสายดินไปตามแนวนอนทุกๆ 250 เมตร (รูปที่ 3-8)



3.6 เครื่องมือสำหรับการตรวจสอบ และตรวจรับงาน

องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ควรจัดหาเครื่องมือตรวจวัดไว้สำหรับใช้ตรวจสอบในงาน ออกแบบ ตรวจรับงานติดตั้งและงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าสาธารณะ เครื่องมือตรวจวัดที่ควรจัดหาไว้ ได้แก่

3.6.1 Digital Multimeter (DMM) เป็นเครื่องตรวจวัดค่าต่าง ๆ ของไฟฟ้าควรมีคุณลักษณะ อย่างน้อยดังต่อไปนี้

3.6.1.1 เป็นแบบพกพา (Portable) ใช้ได้ทั้งภายในและภายนอกสถานที่ ใช้กับแบตเตอรี่ Alkaline ที่สามารถหาซื้อได้ง่ายในท้องถิ่น

3.6.1.2 ระดับความปลอดภัยของอุปกรณ์ไฟฟ้า ไม่น้อยกว่า Category III 1000 V.

3.6.1.3 มี AC Clamp พร้อมสายยาวไม่น้อยกว่า 1.5 เมตร สำหรับใช้งานร่วมกับ DMM ในการวัดค่ากระแสไฟฟ้า

3.6.1.4 ความสามารถในการตรวจวัด

- Vac 0 – 1000 V หรือมากกว่า
- Vdc 0 – 1000 V หรือมากกว่า
- Aac 60 mA – 10 A หรือมากกว่า
- Adc 60 mA – 10 A หรือมากกว่า
- Resistance 0 Ω - 50.00 M Ω หรือมากกว่า

3.6.1.5 ความเที่ยงตรงในการตรวจวัด

- Vac $\pm 1.0\%$ หรือดีกว่า
- Vdc $\pm 1.0\%$ หรือดีกว่า
- Aac $\pm 1.5\%$ หรือดีกว่า
- Adc $\pm 1.0\%$ หรือดีกว่า
- Resistance $\pm 1.0\%$ หรือดีกว่า

3.6.1.6 AC Clamp เมื่อใช้งานร่วมกับ DMM จะต้องวัดกระแสไฟฟ้าสลับได้ในระหว่าง 1 ถึง 100 A หรือดีกว่า โดยมีความเที่ยงตรง รวม $\pm 3\%$ หรือดีกว่า

3.6.1.7 อื่น ๆ

- มีกระเป๋าสำหรับใส่ DMM และ AC Clamp (แยกกระเป๋ากันได้) ที่สะดวก และสามารถกันฝุ่นละอองในขณะที่เดินทาง เคลื่อนย้าย และในการเก็บรักษา
- ควรเลือกซื้อจากผู้ขายที่น่าเชื่อถือ และมีบริการหลังการขาย

3.6.2 เครื่องวัดความสว่าง (Lightmeter) เป็นเครื่องมือตรวจวัดระดับความสว่างในพื้นที่ที่ต้องติดตั้งระบบไฟฟ้าสาธารณะ ควรมีคุณลักษณะอย่างน้อยดังต่อไปนี้

3.6.2.1 เป็นเครื่องตรวจวัดแบบพกพา (Portable) สามารถนำไปใช้งานได้ทั้งภายในและภายนอกสถานที่

3.6.2.2 ใช้กับแบตเตอรี่ Alkaline ที่มีขายทั่วไป สามารถหาซื้อได้ง่ายในท้องถิ่น

3.6.2.3 เพื่อความสะดวกในการอ่านและจดค่าความสว่างเครื่องวัดนี้จึงควรเป็นแบบดิจิทัล จำนวนหลักไม่น้อยกว่า 3 ½ หลัก

3.6.2.4 ความสามารถในการตรวจวัด

- ช่วงการวัด 5 lux ถึง 20 klux หรือดีกว่า
- ความละเอียด 0.01 lux
- ความเที่ยงตรง $\pm 3\%$

3.6.2.5 สามารถจดค่าการอ่านค้างไว้ได้ (Data Hold)

3.6.2.6 อื่น ๆ

- มีกระเป๋าสำหรับใส่เครื่องที่สะดวกและสามารถกันฝุ่นละอองในขณะเดินทาง เคลื่อนย้าย และในการเก็บรักษา

- ควรเลือกซื้อจากผู้ขายที่น่าเชื่อถือ และมีบริการหลังการขาย

3.6.3 เครื่องตรวจสอบความต้านทานฉนวนไฟฟ้า (Insulation Tester) เนื่องจากอุปกรณ์ชนิดนี้มีราคาค่อนข้างสูง หากมีความจำเป็นต้องใช้ อาจขอรับการสนับสนุนจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การไฟฟ้านครหลวง หรือผู้รับจ้าง

3.6.4 เครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้าของหลักดิน (Earth Resistance Tester) เนื่องจากอุปกรณ์ชนิดนี้มีราคาค่อนข้างสูง หากมีความจำเป็นต้องใช้ อาจขอรับการสนับสนุนจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การไฟฟ้านครหลวง หรือผู้รับจ้าง