



แบบสอบถามและแบบติดตามการดำเนินงานตามมาตรฐาน มขร. - E - 001 - 2564
มาตรฐานระบบไฟฟ้าของการเดินรถขนส่งทางรางการต่อลงดินและการต่อฝากบนโครงข่ายรถไฟสายประธาน
(Grounding and Bonding System on Mainline Train)

ข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถาม

ชื่อ - นามสกุล	
ตำแหน่ง	
หน่วยงาน	
โทรศัพท์	
Email	
วัน/เดือน/ปี ที่กรอกข้อมูล	

หมายเหตุ : แบบสอบถามและแบบติดตามการดำเนินการตามมาตรฐานนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย

: 1. แบบสอบถามภาพรวมของมาตรฐานขนส่งทางราง

: 2. แบบติดตามการดำเนินงานตามมาตรฐาน มขร.

สอบถามข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ กรมการขนส่งทางราง กองมาตรฐานความปลอดภัยและบำรุงทาง

ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ : pongsatorn.sir@drt.go.th

โทร. 02-164-2626 ต่อ 4304

*** ท่านสามารถกรอกข้อมูลเท่าที่มีและสามารถให้ได้ ***

แบบฟอร์มออนไลน์
(google form)



ส่วนที่ 1 แบบสอบถามภาพรวมของมาตรฐานขนส่งทางราง มขร.

ประเด็น	ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
1. ท่าน/หน่วยงานของท่าน ทราบหรือเคยอ่าน มขร. - E - 001 - 2564 มาตรฐานระบบไฟฟ้าของการเดินรถขนส่งทางรางการต่อลงดินและการต่อฝากบนโครงข่ายรถไฟสายประธาน (Grounding and Bonding System on Mainline Train) มาก่อนหรือไม่ (ถ้าทราบหรือเคยอ่าน โปรดระบุช่องทางการรับรู้ข้อมูล)	☐ ไม่ทราบ ☐ ทราบ (โปรดระบุช่องทาง)
2. ท่าน/หน่วยงานของท่าน มีการใช้ มขร. - E - 001 - 2564 มาตรฐานระบบไฟฟ้าของการเดินรถขนส่งทางรางการต่อลงดินและการต่อฝากบนโครงข่ายรถไฟสายประธาน (Grounding and Bonding System on Mainline Train) ในการดำเนินงานของโครงการ ให้คำปรึกษา ออกแบบ จัดทำ ติดตั้ง ทดสอบ ซ่อมบำรุง วิจัยและพัฒนาในด้านไฟฟ้าและอาณัติสัญญาณของระบบรางหรือใช้อ้างอิงหรือไม่ อย่างไรบ้าง	☐ ไม่มี ☐ มี (โปรดระบุ)
3. ท่าน/หน่วยงานของท่าน มีปัญหาหรืออุปสรรคในการนำ มขร. - E - 001 - 2564 มาตรฐานระบบไฟฟ้าของการเดินรถขนส่งทางรางการต่อลงดินและการต่อฝากบนโครงข่ายรถไฟสายประธาน (Grounding and Bonding System on Mainline Train) ไปใช้ประกอบการดำเนินงานหรืออ้างอิงในโครงการ/งานที่ท่านรับผิดชอบอยู่หรือไม่ อย่างไรบ้าง	☐ ไม่มี ☐ มี (โปรดระบุ)

ประเด็น	ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
4. ท่าน/หน่วยงานของท่าน มีความเห็นว่ามาตรฐาน มขร. - E - 001 - 2564 มาตรฐานระบบไฟฟ้าของการเดินรถขนส่งทางรางการต่อลงดินและการต่อฝากบนโครงข่ายรถไฟสายประธาน (Grounding and Bonding System on Mainline Train) ควรมีการปรับปรุงเนื้อหามาตรฐานในภาพรวมอย่างไรบ้าง***	
5. มีบริษัทเอกชน/ผู้รับเหมา/มหาวิทยาลัย/หน่วยงานที่เกี่ยวข้องใดบ้างที่ท่าน/หน่วยงานของท่านว่าจ้างหรือร่วมมือ ในการให้คำปรึกษา ออกแบบ จัดทำ ติดตั้ง ทดสอบ ซ่อมบำรุง วิจัยและพัฒนาในด้านไฟฟ้าและอาณัติสัญญาณของระบบราง ที่มีการนำ มขร. - E - 001 - 2564 มาตรฐานระบบไฟฟ้าของการเดินรถขนส่งทางรางการต่อลงดินและการต่อฝากบนโครงข่ายรถไฟสายประธาน (Grounding and Bonding System on Mainline Train) ไปใช้ในการดำเนินการหรืออ้างอิง	☐ ไม่มี ☐ มี (โปรดระบุ) - ชื่อหน่วยงาน..... - รายละเอียดการดำเนินงานที่เกี่ยวข้อง..... - ชื่อหน่วยงาน..... - รายละเอียดการดำเนินงานที่เกี่ยวข้อง..... - ชื่อหน่วยงาน..... - รายละเอียดการดำเนินงานที่เกี่ยวข้อง.....

***หมายเหตุ – ขอความอนุเคราะห์กรอกข้อมูลรายละเอียดหรือข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในส่วนที่ 2 แบบติดตามการดำเนินงานตามมาตรฐาน มขร. - E - 001 - 2564 ด้วย

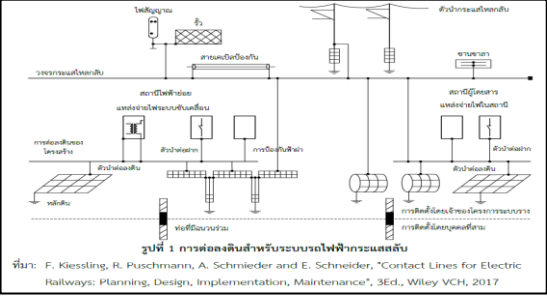
ประเด็น	ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
ประเด็นสอบถามเพิ่มเติม	
6. ท่าน/หน่วยงานของท่าน มีความต้องการให้กรรมการขนส่งทางรางจัดทำมาตรฐานด้านไฟฟ้าและอาณัติสัญญาณของระบบรางอื่น ๆ อะไรบ้างในอนาคต	☐ ไม่มี ☐ มี (โปรดระบุ)
7. แบบสอบถามและแบบติดตามการดำเนินการตามมาตรฐาน มขร. ของกรรมการขนส่งทางรางนี้ มีความเหมาะสมหรือไม่ อย่างไรบ้าง	
8. ประเด็นอื่น ๆ	

ส่วนที่ 2 แบบติดตามการดำเนินงานตามมาตรฐาน มขร. - E - 001 - 2564

มาตรฐานระบบไฟฟ้าของการเดินรถขนส่งทางรางการต่อลงดินและการต่อฝากบนโครงข่ายรถไฟสายประธาน (Grounding and Bonding System on Mainline Train)

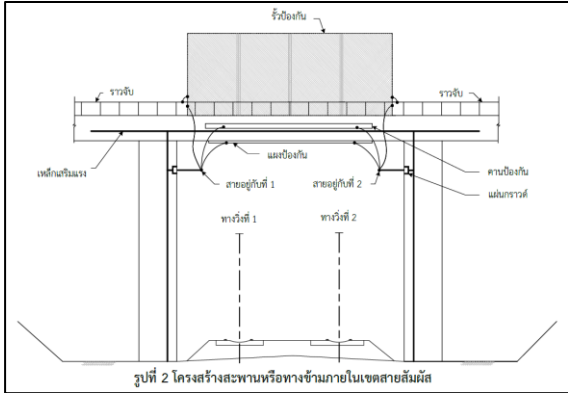
ข้อ		รายละเอียด	การดำเนินการ/การทดสอบ/ การกำหนดคุณลักษณะ/ การนำไปอ้างอิง ที่สอดคล้องกับมาตรฐานนี้	เอกสารอ้างอิง (ถ้ามี)	หมายเหตุ/ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
1		บททั่วไป			
		การต่อลงดินและการต่อฝากมีเพื่อลดผลกระทบของการเกิดฟ้าผ่าและความต่างศักย์ไฟฟ้าที่พื้นเนื่องจากการไหลของกระแสผิดพลาด ปริมาณมากจากการลัดวงจร ระบบรถไฟสายประธานอันตรายจากการสัมผัสทั้งโดยตรงและโดยอ้อมเพื่อรับประกันความปลอดภัยต่อ ผู้โดยสารที่ใช้บริการมีความสำคัญเป็นลำดับแรก และต้องทำการออกแบบ ติดตั้ง ทดสอบ และตรวจสอบอย่างรัดกุมก่อนเปิดให้บริการ ด้วยเหตุนี้กรมการขนส่งทางรางได้เล็งเห็นถึงความสำคัญดังกล่าว จึงได้จัดทำข้อกำหนดการต่อลงดินและการต่อฝาก ซึ่งได้อ้างอิงจาก มาตรฐานสากล โดยคำนึงถึงความเหมาะสมในการนำมาใช้ในประเทศไทย รวมถึงมาตรฐานของประเทศไทยที่เกี่ยวข้อง			
	1.1	วัตถุประสงค์			
		เพื่อกำหนดใช้เป็นแนวทางการออกแบบ ติดตั้ง และการทดสอบและตรวจสอบ ของการต่อลงดินและการต่อฝากสำหรับสถานีไฟฟ้า ขั้วเคลื่อน ทางรถไฟและสถานีรถไฟ สำหรับระบบรถไฟ สายประธานในประเทศไทย			
	1.2	ขอบข่าย			
		ครอบคลุมระบบรถไฟสายประธานที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ากระแสสลับในประเทศไทย ซึ่งรวมถึงระบบรถไฟชานเมือง (Commuter train) และระบบรถไฟระหว่างเมือง (Intercity train)			
	1.3	เอกสารอ้างอิง			
		1) EN 50122-1:2011, Railway applications – Fixed installations – Electrical safety, earthing and the return circuit– Part 1: Protective provisions against electric shock 2) IEC 61000-5-2:1997, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 5: Installation and mitigation guidelines - Section 2: Earthing and cabling 3) IEC 61238-1-3:2018, Compression and mechanical connectors for power cables - Part 1-3: Test methods and requirements for compression and mechanical connectors for power cables for rated voltages above 1 kV (Um = 1,2 kV) up to 30 kV (Um = 36 kV) tested on non-insulated conductors 4) IEEE 80:2013, Guide for Safety in AC Substation Grounding 5) IEC 60479-1:2005, Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects 6) EN 50522:2010, Earthing of power installations exceeding 1 kV a.c. 7) IEC 61936-1:2010, Power installations exceeding 1 kV a.c. - Part 1: Common rules 8) IEC 60364 series, Low-voltage electrical installations 9) IEC 60050 series, International Electrotechnical Vocabulary 10) IEC 62305-2:2010, Protection against lightning- Part 2: Risk management			

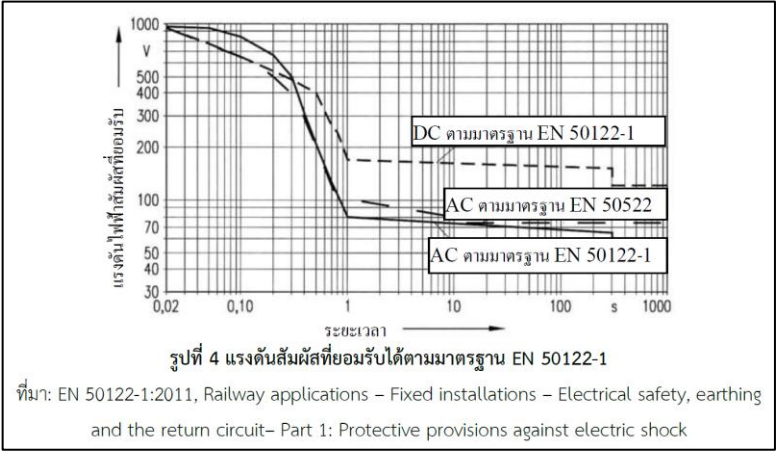
ข้อ	รายละเอียด	การดำเนินการ/การทดสอบ/ การกำหนดคุณลักษณะ/ การนำไปอ้างอิง ที่สอดคล้องกับมาตรฐานนี้	เอกสารอ้างอิง (ถ้ามี)	หมายเหตุ/ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	11) IEC 62305-3:2010, Protection against lightning-Part 3 Physical damage to structures and live hazard 12) มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ 13) มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่า พ.ศ. 2553, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ 14) ข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าของการขนส่งระบบราง, การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2561 15) F. Kiessling, R. Puschmann, A. Schmieder and E. Schneider, "Contact Lines for Electric Railways: Planning, Design, Implementation, Maintenance", 3Ed. Wiley VCH, 2017			
1.4	การต่อลงดิน (earthing) หมายถึง การต่อตัวนำไม่ว่าโดยตั้งใจหรือบังเอิญระหว่างวงจรไฟฟ้าหรือบริเวณที่กับดินหรือกับส่วนที่เป็นตัวนำซึ่งทำหน้าที่แทนดิน การต่อฝาก (bonding) หมายถึง การต่อถึงกันอย่างถาวรของส่วนที่เป็นโลหะให้เกิดเป็นทางนำไฟฟ้าที่มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าและสามารถนำกระแสที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างปลอดภัย ไฟฟ้าดูด (electric shock) หมายถึง ผลกระทบที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านร่างกายมนุษย์ แรงดันสัมผัส (touch voltage) หมายถึง แรงดันไฟฟ้าระหว่างตำแหน่งที่มีสัมผัสกับโครงสร้างหรืออุปกรณ์เทียบกับตำแหน่งที่มนุษย์ยืน แรงดันช่วงก้าว (step voltage) หมายถึง แรงดันไฟฟ้าระหว่างเท้า ณ ตำแหน่งที่มนุษย์ยืน ที่มีระยะห่างกัน 1 เมตร หลักดิน (earth electrode) หมายถึง ตัวนำหรือกลุ่มตัวนำซึ่งต่อโดยตรงเข้ากับดิน การต่อลงดินของโครงสร้าง (structure earth) หมายถึง โครงสร้างที่ทำจากชิ้นส่วนโลหะ ซึ่งสามารถใช้เป็นหลักดินได้การต่อฝาก ไฟฟ้าเสมอ (equipotential bonding) หมายถึง การเชื่อมต่อทางไฟฟ้าระหว่างส่วนนำไฟฟ้ามีวัตถุประสงค์เพื่อให้ศักย์ไฟฟ้าเท่า巴士บาร์ศักย์ไฟฟ้าเสมอหลัก (main equipotential busbar: MEB) หมายถึง巴士บาร์ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อทางไฟฟ้ากับตัวนำต่อฝากจาก巴士บาร์หรืออุปกรณ์เพื่อให้ศักย์ไฟฟ้าเสมอ ก่อนเชื่อมต่อเข้ากับการต่อลงดินของโครงสร้างผ่านตัวนำต่อลงดิน 巴士บาร์การต่อลงดิน (earthing busbar) หมายถึง巴士บาร์ที่เป็นส่วนของการติดตั้งระบบต่อลงดิน และเป็นจุดเชื่อมต่อร่วมทางไฟฟ้าของตัวนำต่อฝาก ตัวนำต่อลงดิน (earth conductor) หมายถึง ตัวนำที่ทำหน้าที่เป็นเส้นทางนำกระแสไฟฟ้าระหว่างโครงสร้างและหลักดิน ตัวนำต่อฝาก (bonding conductor) หมายถึง ตัวนำที่ใช้ต่อระหว่างส่วนที่เป็นโลหะที่ต้องการต่อถึงกันทางไฟฟ้า สายดินป้องกัน (protective earth) หมายถึง สายไฟเส้นที่มีไว้เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อการใช้ไฟฟ้า การเชื่อมด้วยความร้อน (exothermic welding) หมายถึง การใช้ความร้อนจากการติดไฟของดินปืนเพื่อหลอมละลายทองแดงให้เข้าด้วยกัน เส้นทางอิมพีแดนซ์ต่ำ (low impedance path) หมายถึง เส้นทางต่อลงดินที่มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ วงดิน (earth loop) หมายถึง ปรากฏการณ์ที่เกิดจากการต่อลงดินแบบหลายจุด วงจรกระแสไหลกลับ (return circuit) หมายถึง วงจรซึ่งทำหน้าที่เป็นเส้นทางสำหรับกระแสไหลกลับของระบบจ่ายไฟฟ้าขับเคลื่อน สถานีไฟฟ้าขับเคลื่อน (traction substation: TSS) หมายถึง สถานีไฟฟ้าจ่ายสำหรับจ่ายไฟให้กับระบบขับเคลื่อนของรถไฟฟ้าจุดจ่ายไฟประธาน (bulk supply point) หมายถึง ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีไฟฟ้าประธาน			

ข้อ	รายละเอียด	การดำเนินการ/การทดสอบ/ การกำหนดคุณลักษณะ/ การนำไปอ้างอิง ที่สอดคล้องกับมาตรฐานนี้	เอกสารอ้างอิง (ถ้ามี)	หมายเหตุ/ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	ระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะ (Overhead Contact System: OCS) หมายถึง ระบบการจ่ายไฟฟ้าให้แก่รถไฟฟ้าโดยใช้สายสัมผัสเหนือศีรษะเพื่อใช้ขับเคลื่อนรถไฟฟ้า สายดินชิงอากาศ (Aerial Earth Wire: AEW) หมายถึง สายตัวนำที่ทำหน้าที่เป็นสายดินและป้องกันฟ้าผ่า โดยติดตั้งอยู่บนเสา ระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะ			
2	การต่อลงดินและการต่อฝาก			
	หลักการของการต่อลงดินสำหรับระบบรถไฟฟ้ามหานคร คือ ต้องมีการต่อลงดินร่วมของระบบย่อยเข้าด้วยกัน การต่อลงดินของระบบย่อยทั้งหมดจะต้องเชื่อมต่อตัวนำต่อลงดินกับระบบการต่อลงดินของโครงสร้าง และวงจรกระแสไหลกลับจะต้องเชื่อมต่อกับระบบการต่อลงดินของอุปกรณ์อื่น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 1			
	 รูปที่ 1 การต่อลงดินสำหรับระบบรถไฟฟ้ามหานคร ที่มา: F. Kießling, R. Puschmann, A. Schmieder and E. Schneider, "Contact Lines for Electric Railways: Planning, Design, Implementation, Maintenance", 3Ed., Wiley VCH, 2017			
3	ข้อกำหนดการออกแบบ			
	การต่อลงดินเป็นการต่อตัวนำไฟฟ้าระหว่างวงจรไฟฟ้ากับดินเพื่อลดผลกระทบของการเกิดฟ้าผ่าและความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ดินเนื่องจากการไหลของกระแสผิดปรกติปริมาณมากจากการลัดวงจร เพื่อป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่ว โดยมีสาเหตุจากการชำรุดหรือการเสื่อมสภาพของบริเวณที่ไฟฟ้า รวมทั้งเพื่อป้องกันอันตรายแรงดันสัมผัสและแรงดันช่วงกาวในสภาวะปกติและขณะเกิดความผิดปกติ การออกแบบต้องได้รับการออกแบบอย่างน้อยดังต่อไปนี้			
1)	การต่อลงดินและการต่อฝากจะต้องออกแบบให้เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน EN 50122-1 และมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ หรือมาตรฐานที่เทียบเท่า			
2)	การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าจำเป็นต้องมีเพื่อความปลอดภัยทางไฟฟ้าที่สถานี สถานีไฟฟ้าย่อย อาคาร ศูนย์ซ่อมบำรุง ส่วนทางยกระดับ โดยจะต้องออกแบบระบบการต่อลงดินบนพื้นฐานของความปลอดภัยสำหรับผู้คนต่ออันตรายจากแรงดันสัมผัสและแรงดันช่วงกาว และอันตรายจากไฟไหม้ ซึ่งแรงดันสัมผัสและแรงดันช่วงกาว ในขณะที่เดินรถปกติและขณะเกิดกระแสผิดปรกติ ที่ได้จากการทำแบบจำลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือการคำนวณโดยใช้ข้อมูลที่ไดจากการวัด เช่น ความต้านทานของดิน ค่าที่ได้จะต้องอยู่ในขอบเขตที่กำหนดของมาตรฐาน EN 50122-1			

ข้อ	รายละเอียด	การดำเนินการ/การทดสอบ/ การกำหนดคุณลักษณะ/ การนำไปอ้างอิง ที่สอดคล้องกับมาตรฐานนี้	เอกสารอ้างอิง (ถ้ามี)	หมายเหตุ/ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
3)	การพิจารณาถึงความแข็งแรงเชิงกลและการกัดกร่อนใช้กำหนดขนาดขั้นต่ำสำหรับหลักดินตามข้อกำหนดในมาตรฐาน EN 50522 หากมีการใช้วัสดุอื่น ๆ เช่น เหล็กสแตนเลสในการใช้เป็นหลักดิน เป็นต้น ประเภทและขนาดของหลักดินจะต้องตรงกับความต้องการเกี่ยวกับการทำงาน (ภาคผนวก ก)			
4)	การต่อลงดินจะต้องมีเส้นทางอิมพีแดนซ์ต่ำสำหรับกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากฟ้าผ่าหรือกระแสผิดพลาดของระบบไฟฟ้ากำลัง			
5)	ขนาดของตัวนำที่เป็นส่วนประกอบของการต่อลงดินและการต่อฝากต้องผ่านการออกแบบคำนวณ โดยปัจจัยที่นำมาพิจารณาจะต้องประกอบด้วย ขนาดของกระแสผิดพลาด ระยะเวลาของการผิดพลาด และคุณลักษณะของดิน โดยผลที่ได้จากการคำนวณจะต้องแสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมของ ขนาดตัวนำในประเด็นการผุกร่อนและความแข็งแรงเชิงกล ความแข็งแรงเชิงความร้อนที่เกิดจากกระแสผิดพลาดสูงสุดและแรงดันสัมผัส			
6)	การต่อลงดินจะต้องคำนึงถึงการป้องกันระบบอิเล็กทรอนิกส์และระบบไฟฟ้าที่มีความอ่อนไหวและเชื่อมโยงถึงกันต่อแรงดันไฟฟ้ารบกวน (noise voltage)			
7)	ในกรณีที่มีท่อสาธารณูปโภคอื่น ๆ อยู่ใกล้เคียงต้องทำการต่อเข้ากับระบบการต่อลงดินของระบบ			
4	คุณสมบัติของส่วนประกอบของการต่อลงดินและการต่อฝาก			
	การต่อลงดินและการต่อฝาก ประกอบด้วย หลักดิน ตัวนำต่อลงดิน ตัวนำต่อฝาก บัสบาร์การต่อลงดิน และทางปลาของการต่อลงดิน ต้องมีคุณสมบัติดังนี้			
4.1	หลักดิน			
	หลักดินที่สัมผัสกับดินโดยตรงจะต้องเป็นวัสดุที่มีความสามารถในการทนต่อการกัดกร่อน จากสารเคมี ปฏิกริยาออกซิเดชัน กระบวนการอิเล็กโทรลิซิส มีความทนทานต่ออิทธิพลทางกล ในระหว่างการติดตั้งและระหว่างช่วงการให้บริการปกติ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เหล็กฝังอยู่ใน ฐานรากคอนกรีต (concrete foundation) และเสาเข็มเหล็ก หรือ โครงสร้างเหล็กอื่น ๆ ที่สัมผัสกับดิน			
4.2	ตัวนำต่อลงดิน			
	ตัวนำที่ทำหน้าที่เป็นเส้นทางนำกระแสไฟฟ้าระหว่างโครงสร้างและหรือหลักดิน ต้องเป็นตัวนำทองแดง ชนิดตัวนำเดี่ยวหรือตัวนำตีเกลียวหุ้มฉนวนและต้องเป็นตัวนำเส้นเดียวยาวตลอด โดยไม่มีการต่อ แต่ถ้าเป็นบัสบาร์อนุญาตให้มีการต่อได้ โดยการเชื่อมต่อเข้ากับหลักดินให้ใช้วิธีการเชื่อมด้วยความร้อน			
4.3	ตัวนำต่อฝาก			
	ตัวนำที่ก่อให้เกิดการต่อฝากไฟฟ้าเสมอ เป็นชนิดตัวนำทองแดง ตัวนำประเภทนี้ยังรวมถึงการต่อฝากของโครงสร้าง (structure bond) ที่เชื่อมต่อกันระหว่างรางวิ่ง เสาระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะ และอุปกรณ์/วัสดุของระบบที่เป็นโลหะ และการต่อฝากแบบไขว้/ขวาง (cross/transverse bond) ซึ่งเชื่อมต่อกันระหว่างรางวิ่ง การติดตั้งการต่อฝากของโครงสร้างและการต่อฝากแบบไขว้/ขวาง จะต้องแสดงจำนวนและตำแหน่งที่เหมาะสม			
4.4	บัสบาร์การต่อลงดิน			
	เป็นแผ่นทองแดงชุบตีบุก โดยกำหนดให้เป็นจุดรวมในการเชื่อมต่อกับองค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบจ่ายสายดินทั้งหมดกับแท่งกราวด์หรือตัวนำต่อลงดินของระบบ			
4.5	ทางปลาของการต่อลงดิน			

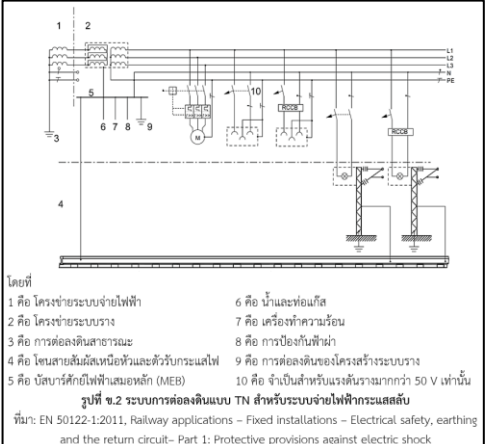
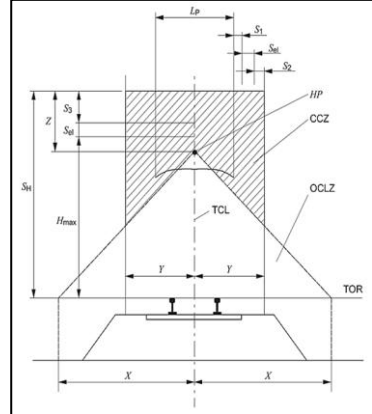
ข้อ	รายละเอียด	การดำเนินการ/การทดสอบ/ การกำหนดคุณลักษณะ/ การนำไปอ้างอิง ที่สอดคล้องกับมาตรฐานนี้	เอกสารอ้างอิง (ถ้ามี)	หมายเหตุ/ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	การเลือกใช้ทางปลาของการต่อลงดินให้พิจารณาคุณสมบัติทางไฟฟ้าและทางกลตามมาตรฐาน IEC 61238-1-3 ตัวนำต่าง ๆ ดังกล่าวจะต้องมีคุณสมบัติในการกระจายกระแสผิพรองปริมาณมากจากการลัดวงจรลงดินโดยปราศจากความเสียหายอันเนื่องมาจากความร้อนเกินพิกัดก่อนระบบป้องกันเริ่มทำงาน			
5	ข้อกำหนดการทำงาน			
	1) องค์ประกอบต่าง ๆ ในระบบการต่อลงดิน ประกอบด้วย หลักดิน ตัวนำต่อลงดิน ตัวนำต่อฝาก บัสบาร์การต่อลงดิน และทางปลาของการต่อลงดิน จะต้องมีความสามารถในการกระจายกระแส ผิดพรั้งจากการลัดวงจรลงดินโดยปราศจากความเสียหายอันเนื่องมาจากความร้อนเกินพิกัดก่อนระบบป้องกันเริ่มทำงาน			
	2) การต่อลงดินจะต้องมีความต้านทานของระบบการต่อลงดินที่เหมาะสมตามการออกแบบตลอดอายุการใช้งาน โดยอาจมีความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากการกัดกร่อนและความเสียหายทางกลได้เล็กน้อย			
	3) ชั้นตอนต่าง ๆ ที่นำมาใช้ร่วมกับระบบการต่อลงดินจะต้องจำกัระดับแรงดันสัมผัสและแรงดันช่วงกั้วภายใต้การทำงานปกติของระบบป้องกัน			
	4) การต่อลงดินจะต้องไม่ก่อให้เกิดปัญหาด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Compatibility: EMC) ระหว่างอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของระบบไฟฟ้าแรงดันสูง ตามมาตรฐาน IEC 61000-5-2			
6	ข้อกำหนดการติดตั้ง			
	6.1 การต่อลงดินและการต่อฝาก			
	1) วิธีีการต่อลงดินและการต่อฝากจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน EN 50122-1 และมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ หรือมาตรฐานที่เทียบเท่า			
	2) การต่อลงดินสามารถใช้ระบบ TT หรือ TN ได้ดังแสดงในภาคผนวก ข รวงวิ่งของรถไฟเชื่อมต่อการต่อลงดินของโครงสร้างที่ประกอบด้วยรากฐานของเสา และโครงสร้างทางอื่น ๆ เช่น อุโมงค์ และ ทางยกระดับ เป็นต้น รวงวิ่งและบัสบาร์ศักย์ไฟฟ้าเท่าหลักจะต้องเชื่อมต่อกัน			
	3) การต่อลงดิน เช่น หลักดินแบบกริด สายดินโดยรอบ เป็นต้น ที่จุดจ่ายไฟประธาน จะต้องได้รับการออกแบบสำหรับระดับการลัดวงจรสามเฟสบนโครงข่ายการไฟฟ้าท้องถิ่น ตามคำแนะนำ ของการไฟฟ้าท้องถิ่น และจะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน IEEE 80 และมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์			
	4) สำหรับโครงสร้างโลหะหรืออุปกรณ์ภายในเขตสายสัมผัส ดังแสดงในภาคผนวก ค ต้องมีการเชื่อมต่อกับระบบการต่อลงดินหรือรวงวิ่งโดยตรง นอกจากนี้หากมีการใช้ตัวนำสายดินป้องกัน กับอุปกรณ์ตามที่ระบุดังกล่าว จะต้องออกแบบให้ทนกระแสผิพรองสูงสุดได้			
	5) ในกรณีที่มีสะพานทางเท้าหรือทางรถยนต์อยู่ในเขตสายสัมผัส จะต้องมีการป้องกันเพิ่มเติม ดังแสดงในรูปที่ 2 ตามข้อกำหนดของมาตรฐาน EN 50122-1 - กรณีเสาค้ำยันสะพานอยู่ในเขตสายสัมผัส ให้ติดตั้งแถบเหล็กชุบกับลวไนซ์ บนผนังของสะพาน หรือบนคอคลัมน์ของสะพาน - กรณีผิวพื้นส่วนล่างของสะพานอยู่ในเขตสายสัมผัส ให้ติดตั้งแถบหรือแผ่นเหล็กชุบกับลวไนซ์บริเวณเหนือสายตัวนำเหนือศีรษะ - โครงสร้างโลหะ รววจับ และรั้วป้องกันของสะพานจะต้องมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้า			

ข้อ	รายละเอียด	การดำเนินการ/การทดสอบ/ การกำหนดคุณลักษณะ/ การนำไปอ้างอิง ที่สอดคล้องกับมาตรฐานนี้	เอกสารอ้างอิง (ถ้ามี)	หมายเหตุ/ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	 รูปที่ 2 โครงสร้างสะพานหรือทางข้ามภายในเขตสายลัมผัส			
6)	วงจรกระแสไหลกลับของระบบจ่ายไฟจะต้องเชื่อมต่อกับระบบการต่อลงดินของอุปกรณ์อื่น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 1			
7)	สายดินซึ่งอากาศจะต้องวิ่งไปตามความยาวของทางรถไฟและเชื่อมต่อกับเสาระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะทั้งหมดและโลหะที่ไม่ได้รับพลังงานไฟฟ้า			
8)	การต่อฝากไฟฟ้าเสมอของโลหะเสริมแรงในสถานีและอาคารด้านข้างจะต้องเชื่อมต่อกับระบบการต่อลงดินของอาคารที่เกี่ยวข้อง การต่อฝากของโลหะเสริมแรงในโครงสร้างทางยกระดับ พื้นทางวิ่งแผ่นคอนกรีตอัดแรง เสาระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะ ราวจับ และอื่น ๆ จะต้องเชื่อมต่อการต่อลงดินของโครงสร้างอย่างน้อยทุก ๆ 100 เมตร			
9)	การต่อฝากชิ้นส่วนที่เป็นโลหะของบริษัททั้งหมดและเชื่อมต่อเข้ากับโครงข่ายการต่อลงดินเป็นวิธีการปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยและเพื่อลดแรงดันไฟฟ้าบริเวณ และค่าความต้านทานการต่อฝากจะต้องมีค่าต่ำตามมาตรฐาน IEC 61000-5-2			
10)	การต่อลงดินซึ่งรวมถึงวงจรกระแสไหลกลับที่สถานีไฟฟ้าย่อย ดังแสดงในรูปที่ 3 ต้องมีตัวนำกระแสไหลกลับ อย่างน้อย 2 ตัวนำระหว่างรางวิ่งและสถานีไฟฟ้าย่อย และต้องออกแบบให้กรณีที่เกิดการเสียหายของตัวนำกระแสไหลกลับ 1 ตัว ตัวนำที่เหลือสามารถนำกระแสไฟฟ้าได้ทั้งหมด และต้องมีการติดตั้งหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า (current transformer) รวมทั้งอุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้าเพื่อวัดกระแสไหลกลับ			

ข้อ	รายละเอียด	การดำเนินการ/การทดสอบ/ การกำหนดคุณลักษณะ/ การนำไปอ้างอิง ที่สอดคล้องกับมาตรฐานนี้	เอกสารอ้างอิง (ถ้ามี)	หมายเหตุ/ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
4)	สำหรับอาคารจะต้องรวมระบบป้องกันฟ้าผ่าตามมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่า พ.ศ. 2553 ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ หรือมาตรฐานที่เทียบเท่า ตัวนำฟ้าผ่าจะต้องเชื่อมต่อกับเอิร์ธแมท (Earth Mat) ร่วมของโครงสร้าง			
5)	ต้องติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินที่สถานีไฟฟ้าย่อย เพิ่มเติมจากระบบป้องกันฟ้าผ่าที่มีอยู่ เพื่อป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เชื่อมต่อที่สถานีไฟฟ้าย่อยไม่ให้เกิดความเสียหายได้ง่าย			
7	ความปลอดภัย			
1)	อันตรายอาจเกิดขึ้นจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านร่างกายมนุษย์ ค่าของกระแสไฟฟ้าดังกล่าวขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าที่เชื่อมโยงกับอิมพีแดนซ์ของร่างกาย บริภัณฑ์สามารถได้รับความเสียหายจากฟ้าผ่าและกระแสลัดวงจรที่เกิดจากอุณหภูมิและความร้อนที่สูงเกินไป เหล็กเส้นหรือเหล็กเสริมสามารถได้รับความเสียหายจากการกัดกร่อน จึงจำเป็นต้องมีมาตรการป้องกันที่เหมาะสม มาตรฐานต่อไปนี้แนะนำเกณฑ์สำหรับความปลอดภัยในชีวิตและการป้องกันการติดตั้ง			
2)	มาตรฐาน IEC 60479-1 อธิบายอิมพีแดนซ์ของร่างกายและผลของกระแสไฟฟ้าตรงและกระแสสลับต่อมนุษย์และ ปศุสัตว์ที่ขึ้นอยู่กับเวลา มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย เช่น EN 50122-1 อ้างถึง IEC 60479-1 สำหรับคำจำกัดความของแรงดันสัมผัสที่ยอมรับได้ โดยทั่วไปแรงดันสัมผัสจะต้องได้รับการพิจารณาสำหรับการติดตั้งระบบไฟฟ้ากระแสสลับ แรงดันสัมผัสที่ยอมรับได้สำหรับการติดตั้งระบบไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นอยู่กับระยะเวลาของผลกระทบ แสดงดังรูปที่ 4 มาตรฐาน IEC 61936-1 สามารถใช้ได้กับบริภัณฑ์ของสถานีไฟฟ้ากำลังย่อยกระแสสลับ			
				
3)	การออกแบบการต่อลงดินและการต่อฝากเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของบุคคลซึ่งที่กล่าวมาข้างต้นจะรวมถึงการป้องกันการติดตั้งภายใต้สภาวะปกติและสภาวะผิดปกติ ข้อกำหนดเพิ่มเติมของมาตรฐาน IEC 61936-1 และ IEC 60364 series สำหรับการปกป้องส่วนที่มีชีวิตจาก ความร้อนสูงเกินไปสำหรับการทำงานปกติและช่วงที่เกิดความผิดปกติจะต้องปฏิบัติตาม			

ข้อ	รายละเอียด	การดำเนินการ/การทดสอบ/ การกำหนดคุณลักษณะ/ การนำไปอ้างอิง ที่สอดคล้องกับมาตรฐานนี้	เอกสารอ้างอิง (ถ้ามี)	หมายเหตุ/ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	4) การป้องกันไฟฟ้าดูดจากการสัมผัสโดยตรงและสัมผัสโดยอ้อม ได้แก่ การป้องกันด้วยระยะห่าง ที่ปลอดภัย การป้องกันด้วยแผงป้องกัน รวมทั้งการป้องกันไฟฟ้าดูดจากสาเหตุของแรงดันราง ต้องทำตามมาตรฐานด้านความปลอดภัยที่ประกาศโดยกรมการขนส่งทางราง หรือมาตรฐาน EN 50122-1			
8	การทดสอบและตรวจสอบก่อนการใช้งาน			
	1) การทดสอบโดยวิธีการวัดค่าจะต้องดำเนินการหลังจากการก่อสร้าง เพื่อตรวจสอบความเพียงพอของการออกแบบ หัวข้อการวัดค่าจะประกอบด้วย - ความต้านทานของระบบการต่อลงดิน - แรงดันสัมผัสและแรงดันช่วงกาวที่ตำแหน่งสำคัญ เช่น บัสบาร์ และราง			
	2) วิธีการวัดแรงดันสัมผัสและแรงดันช่วงกาว อาจใช้โวลต์มิเตอร์ความต้านทานสูง หรือวัดแรงดันคร่อมตัวต้านทานเสมือนร่างกายมนุษย์ โดยดำเนินการภายใต้เงื่อนไขการทดสอบที่ระบุในมาตรฐาน EN 50522			
	3) แบบฟอร์มสำหรับการทดสอบและตรวจสอบจะต้องประกอบด้วย ค่าที่ทำการทดสอบ วิธีการทดสอบ เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ ตำแหน่งทดสอบ เกณฑ์ผ่านตามมาตรฐาน และผลการทดสอบ			
9	การปฏิบัติงานและการบำรุงรักษา			
	1) การตรวจสอบ การก่อสร้างระบบการต่อลงดินจะต้องสามารถตรวจสอบได้เป็นระยะ โดยรายละเอียดการตรวจสอบอาจรวมถึงการขุดพื้นดินบางตำแหน่งและการตรวจสอบทางสายตา			
	2) การวัด การออกแบบและการติดตั้งระบบการต่อลงดินจะต้องอนุญาตให้มีการตรวจวัดเป็นระยะ หรือในกรณีที่มีการปรับเปลี่ยนที่ส่งผลกระทบต่อข้อกำหนดต่าง ๆ ข้างต้น ซึ่งรวมถึงการทดสอบความต่อเนื่อง			
10	การทำงานร่วมกันได้ การต่อลงดินและการต่อฝากไม่มีผลกระทบต่อการทำงานร่วมกันของระบบรถไฟสายประธานที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าข้ามเขตประเทศ			
11	ภาคผนวก ก			

ข้อ		รายละเอียด	การดำเนินการ/การทดสอบ/ การกำหนดคุณลักษณะ/ การนำไปอ้างอิง ที่สอดคล้องกับมาตรฐานนี้	เอกสารอ้างอิง (ถ้ามี)	หมายเหตุ/ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม																																																																																																	
		ภาคผนวก ก <table><tr><th rowspan="2">วัตถุ</th><th rowspan="2">ประเภทของ สิ่งก่อสร้าง</th><th colspan="5">ขนาดที่ระบุ</th></tr><tr><th>เส้นผ่าศูนย์กลาง มม.</th><th>พื้นที่ผิว มม.²</th><th>ความหนา มม.</th><th>ค่าเฉลี่ย มม.</th><th>ค่าปกติ มม.</th></tr><tr><td rowspan="7">เหล็ก</td><td rowspan="4">ขั้วสายส่ง รับ</td><td>สาย</td><td>90</td><td>3</td><td>63</td><td>70</td></tr><tr><td>โครง (รวมเส้น สาย)</td><td>90</td><td>3</td><td>63</td><td>70</td></tr><tr><td>สับ</td><td>25</td><td></td><td>2</td><td>47</td><td>55</td></tr><tr><td>บาร์ดอลตัวรับ สายเส้น</td><td>16</td><td></td><td></td><td>63</td><td>70</td></tr><tr><td rowspan="3">ประกอบตัว +</td><td>คานดอลตัวรับ จ่ายเส้น สายเส้น</td><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td>50</td></tr><tr><td>คานดอลตัวรับ สายเส้น</td><td>8</td><td></td><td></td><td>1000</td><td></td></tr><tr><td>คานดอลตัวรับ สายเส้น</td><td>15</td><td></td><td></td><td>2000</td><td></td></tr><tr><td rowspan="7">ทองแดง</td><td rowspan="4">ขั้วสายส่ง รับ</td><td>สาย</td><td>14,2</td><td></td><td></td><td>90</td><td>100</td></tr><tr><td>โครง (รวมเส้น สาย)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>สับ</td><td></td><td></td><td>2</td><td></td><td></td></tr><tr><td>บาร์ดอลตัวรับ สายเส้น</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td rowspan="3">ประกอบตัว +</td><td>คานดอลตัวรับ จ่ายเส้น สายเส้น</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>คานดอลตัวรับ สายเส้น</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>คานดอลตัวรับ สายเส้น</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> * ไม่ควรใช้ขั้วรับที่เชื่อมต่อกับโครงสร้าง ไม่ควรใช้ขั้วรับที่เชื่อมต่อกับสายเคเบิลสายเคเบิล ข. สาย, ขั้ว หรือ สับ ขั้วสายส่ง * ไม่ควรใช้ขั้วรับที่เชื่อมต่อกับสายเคเบิล	วัตถุ	ประเภทของ สิ่งก่อสร้าง	ขนาดที่ระบุ					เส้นผ่าศูนย์กลาง มม.	พื้นที่ผิว มม. ²	ความหนา มม.	ค่าเฉลี่ย มม.	ค่าปกติ มม.	เหล็ก	ขั้วสายส่ง รับ	สาย	90	3	63	70	โครง (รวมเส้น สาย)	90	3	63	70	สับ	25		2	47	55	บาร์ดอลตัวรับ สายเส้น	16			63	70	ประกอบตัว +	คานดอลตัวรับ จ่ายเส้น สายเส้น	10				50	คานดอลตัวรับ สายเส้น	8			1000		คานดอลตัวรับ สายเส้น	15			2000		ทองแดง	ขั้วสายส่ง รับ	สาย	14,2			90	100	โครง (รวมเส้น สาย)						สับ			2			บาร์ดอลตัวรับ สายเส้น						ประกอบตัว +	คานดอลตัวรับ จ่ายเส้น สายเส้น						คานดอลตัวรับ สายเส้น						คานดอลตัวรับ สายเส้น					
วัตถุ	ประเภทของ สิ่งก่อสร้าง	ขนาดที่ระบุ																																																																																																				
		เส้นผ่าศูนย์กลาง มม.	พื้นที่ผิว มม. ²	ความหนา มม.	ค่าเฉลี่ย มม.	ค่าปกติ มม.																																																																																																
เหล็ก	ขั้วสายส่ง รับ	สาย	90	3	63	70																																																																																																
		โครง (รวมเส้น สาย)	90	3	63	70																																																																																																
		สับ	25		2	47	55																																																																																															
		บาร์ดอลตัวรับ สายเส้น	16			63	70																																																																																															
	ประกอบตัว +	คานดอลตัวรับ จ่ายเส้น สายเส้น	10				50																																																																																															
		คานดอลตัวรับ สายเส้น	8			1000																																																																																																
		คานดอลตัวรับ สายเส้น	15			2000																																																																																																
ทองแดง	ขั้วสายส่ง รับ	สาย	14,2			90	100																																																																																															
		โครง (รวมเส้น สาย)																																																																																																				
		สับ			2																																																																																																	
		บาร์ดอลตัวรับ สายเส้น																																																																																																				
	ประกอบตัว +	คานดอลตัวรับ จ่ายเส้น สายเส้น																																																																																																				
		คานดอลตัวรับ สายเส้น																																																																																																				
		คานดอลตัวรับ สายเส้น																																																																																																				

ข้อ		รายละเอียด	การดำเนินการ/การทดสอบ/ การกำหนดคุณลักษณะ/ การนำไปอ้างอิง ที่สอดคล้องกับมาตรฐานนี้	เอกสารอ้างอิง (ถ้ามี)	หมายเหตุ/ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม																																						
		 โดยที่ <table><tr><td>1 คือ โครงข่ายระบบจ่ายไฟฟ้า</td><td>6 คือ น้ำและท่อแก๊ส</td></tr><tr><td>2 คือ โครงข่ายระบบราง</td><td>7 คือ เครื่องทำความร้อน</td></tr><tr><td>3 คือ การต่อลงดินสาธารณะ</td><td>8 คือ การป้องกันฟ้าผ่า</td></tr><tr><td>4 คือ โหลดสายสัมผัสเหนือหัวและตัวรับกระแสไฟฟ้า</td><td>9 คือ การต่อลงดินของโครงสร้างระบบราง</td></tr><tr><td>5 คือ บัสบาร์สวิตช์ไฟฟ้าแรงดันสูง (MEB)</td><td>10 คือ จำนวนสายดินที่มากกว่า 50 V เท่านั้น</td></tr></table> รูปที่ ข.2 ระบบการต่อลงดินแบบ TN สำหรับระบบจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ที่มา: EN 50122-1:2011, Railway applications – Fixed installations – Electrical safety, earthing and the return circuit– Part 1: Protective provisions against electric shock	1 คือ โครงข่ายระบบจ่ายไฟฟ้า	6 คือ น้ำและท่อแก๊ส	2 คือ โครงข่ายระบบราง	7 คือ เครื่องทำความร้อน	3 คือ การต่อลงดินสาธารณะ	8 คือ การป้องกันฟ้าผ่า	4 คือ โหลดสายสัมผัสเหนือหัวและตัวรับกระแสไฟฟ้า	9 คือ การต่อลงดินของโครงสร้างระบบราง	5 คือ บัสบาร์สวิตช์ไฟฟ้าแรงดันสูง (MEB)	10 คือ จำนวนสายดินที่มากกว่า 50 V เท่านั้น																															
1 คือ โครงข่ายระบบจ่ายไฟฟ้า	6 คือ น้ำและท่อแก๊ส																																										
2 คือ โครงข่ายระบบราง	7 คือ เครื่องทำความร้อน																																										
3 คือ การต่อลงดินสาธารณะ	8 คือ การป้องกันฟ้าผ่า																																										
4 คือ โหลดสายสัมผัสเหนือหัวและตัวรับกระแสไฟฟ้า	9 คือ การต่อลงดินของโครงสร้างระบบราง																																										
5 คือ บัสบาร์สวิตช์ไฟฟ้าแรงดันสูง (MEB)	10 คือ จำนวนสายดินที่มากกว่า 50 V เท่านั้น																																										
		หมายเหตุ ระบบการต่อลงดินแบบ TN (Terra- Neutral) คือ ระบบการต่อลงดินที่มีหนึ่งจุดต่อลงดินโดยตรง ส่วนตัวนำที่เปิดโล่งของการติดตั้งต้องกับจุดนั้นด้วยตัวนำป้องกัน																																									
		ภาคผนวก ค																																									
		 โดยที่ <table><tr><td>TOR</td><td>ส่วนบนของราง</td></tr><tr><td>HP</td><td>จุดสูงสุดของสายสัมผัสเหนือหัว</td></tr><tr><td>OCLZ</td><td>โซนสายสัมผัสเหนือหัว</td></tr><tr><td>CCZ</td><td>โซนตัวรับกระแสไฟฟ้า</td></tr><tr><td>TCL</td><td>สายกลางทางวิ่ง</td></tr><tr><td>X</td><td>ระยะแนวเขตทางสายสัมผัส (ครึ่ง) ของ OCLZ</td></tr><tr><td>Y</td><td>ระยะแนวเขตทางสายสัมผัส (ครึ่ง) ของ CCZ</td></tr><tr><td>Z</td><td>ระยะระหว่าง HP และ S₁</td></tr><tr><td>S₁</td><td>ความกว้างของการเคลื่อนที่ของตัวรับกระแสไฟฟ้า</td></tr><tr><td>S₂</td><td>ระยะความปลอดภัยด้านข้างสำหรับตัวรับกระแสไฟฟ้าที่จุดต่อหรือสาย</td></tr><tr><td>S₃</td><td>ระยะความปลอดภัยด้านข้างสำหรับตัวรับกระแสไฟฟ้าที่จุดต่อหรือสาย</td></tr><tr><td>S₄</td><td>ระยะห่างทางไฟฟ้าตามมาตรฐาน EN 50119</td></tr><tr><td>S₅</td><td>ความสูงสูงสุดของสายสัมผัส</td></tr><tr><td>S₆</td><td>ความกว้างของสายสัมผัส</td></tr><tr><td>S₇</td><td>ความกว้างของสายสัมผัส</td></tr><tr><td>S₈</td><td>ความกว้างของสายสัมผัส</td></tr><tr><td>S₉</td><td>ความกว้างของสายสัมผัส</td></tr><tr><td>S₁₀</td><td>ความกว้างของสายสัมผัส</td></tr><tr><td>Lp</td><td>ความกว้างของสายสัมผัส</td></tr></table> รูปที่ ค.1 เขตสายสัมผัส (overhead contact line zone) ที่มา: EN 50122-1:2011, Railway applications – Fixed installations – Electrical safety, earthing and the return circuit– Part 1: Protective provisions against electric shock	TOR	ส่วนบนของราง	HP	จุดสูงสุดของสายสัมผัสเหนือหัว	OCLZ	โซนสายสัมผัสเหนือหัว	CCZ	โซนตัวรับกระแสไฟฟ้า	TCL	สายกลางทางวิ่ง	X	ระยะแนวเขตทางสายสัมผัส (ครึ่ง) ของ OCLZ	Y	ระยะแนวเขตทางสายสัมผัส (ครึ่ง) ของ CCZ	Z	ระยะระหว่าง HP และ S ₁	S ₁	ความกว้างของการเคลื่อนที่ของตัวรับกระแสไฟฟ้า	S ₂	ระยะความปลอดภัยด้านข้างสำหรับตัวรับกระแสไฟฟ้าที่จุดต่อหรือสาย	S ₃	ระยะความปลอดภัยด้านข้างสำหรับตัวรับกระแสไฟฟ้าที่จุดต่อหรือสาย	S ₄	ระยะห่างทางไฟฟ้าตามมาตรฐาน EN 50119	S ₅	ความสูงสูงสุดของสายสัมผัส	S ₆	ความกว้างของสายสัมผัส	S ₇	ความกว้างของสายสัมผัส	S ₈	ความกว้างของสายสัมผัส	S ₉	ความกว้างของสายสัมผัส	S ₁₀	ความกว้างของสายสัมผัส	Lp	ความกว้างของสายสัมผัส			
TOR	ส่วนบนของราง																																										
HP	จุดสูงสุดของสายสัมผัสเหนือหัว																																										
OCLZ	โซนสายสัมผัสเหนือหัว																																										
CCZ	โซนตัวรับกระแสไฟฟ้า																																										
TCL	สายกลางทางวิ่ง																																										
X	ระยะแนวเขตทางสายสัมผัส (ครึ่ง) ของ OCLZ																																										
Y	ระยะแนวเขตทางสายสัมผัส (ครึ่ง) ของ CCZ																																										
Z	ระยะระหว่าง HP และ S ₁																																										
S ₁	ความกว้างของการเคลื่อนที่ของตัวรับกระแสไฟฟ้า																																										
S ₂	ระยะความปลอดภัยด้านข้างสำหรับตัวรับกระแสไฟฟ้าที่จุดต่อหรือสาย																																										
S ₃	ระยะความปลอดภัยด้านข้างสำหรับตัวรับกระแสไฟฟ้าที่จุดต่อหรือสาย																																										
S ₄	ระยะห่างทางไฟฟ้าตามมาตรฐาน EN 50119																																										
S ₅	ความสูงสูงสุดของสายสัมผัส																																										
S ₆	ความกว้างของสายสัมผัส																																										
S ₇	ความกว้างของสายสัมผัส																																										
S ₈	ความกว้างของสายสัมผัส																																										
S ₉	ความกว้างของสายสัมผัส																																										
S ₁₀	ความกว้างของสายสัมผัส																																										
Lp	ความกว้างของสายสัมผัส																																										

ข้อ		รายละเอียด	การดำเนินการ/การทดสอบ/ การกำหนดคุณลักษณะ/ การนำไปอ้างอิง ที่สอดคล้องกับมาตรฐานนี้	เอกสารอ้างอิง (ถ้ามี)	หมายเหตุ/ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม																																																							
		ภาคผนวก ง																																																										
		Table 6 – Material, configuration and minimum cross-sectional area of air-termination conductors, air-termination rods, earth lead-in rods and down-conductors^a <table><thead><tr><th>Material</th><th>Configuration</th><th>Cross-sectional area mm²</th></tr></thead><tbody><tr><td rowspan="3">Copper,</td><td>Solid tape</td><td>50</td></tr><tr><td>Solid round^b</td><td>50</td></tr><tr><td>Stranded^c</td><td>50</td></tr><tr><td rowspan="2">Tin plated copper</td><td>Solid round^d</td><td>176</td></tr><tr><td>Solid tape</td><td>70</td></tr><tr><td rowspan="2">Aluminium</td><td>Solid round</td><td>50</td></tr><tr><td>Stranded</td><td>50</td></tr><tr><td rowspan="4">Aluminium alloy</td><td>Solid tape</td><td>50</td></tr><tr><td>Solid round</td><td>50</td></tr><tr><td>Stranded</td><td>50</td></tr><tr><td>Solid round^e</td><td>176</td></tr><tr><td rowspan="2">Copper coated aluminium alloy</td><td>Solid round</td><td>50</td></tr><tr><td>Solid tape</td><td>50</td></tr><tr><td rowspan="3">Hot dipped galvanized steel</td><td>Solid round</td><td>50</td></tr><tr><td>Stranded</td><td>50</td></tr><tr><td>Solid round^f</td><td>176</td></tr><tr><td rowspan="2">Copper coated steel</td><td>Solid round</td><td>50</td></tr><tr><td>Solid tape</td><td>50</td></tr><tr><td rowspan="4">Stainless steel</td><td>Solid tape^g</td><td>50</td></tr><tr><td>Solid round^g</td><td>50</td></tr><tr><td>Stranded</td><td>70</td></tr><tr><td>Solid round^h</td><td>176</td></tr></tbody></table> ^a Mechanical and electrical characteristics as well as corrosion resistance properties shall meet the requirements of the future IEC 62561 series ^b 50 mm² (8 mm diameter) may be reduced to 25 mm² in certain applications where mechanical strength is not an essential requirement. Consideration should in this case, be given to reducing the spacing between the fasteners ^c Applicable for air-termination rods and earth lead-in rods. For air-termination rods where mechanical stress such as wind loading is not critical, a 9.5 mm diameter, 1 m long rod may be used ^d If thermal and mechanical considerations are important then these values should be increased to 75 mm²	Material	Configuration	Cross-sectional area mm ²	Copper,	Solid tape	50	Solid round ^b	50	Stranded ^c	50	Tin plated copper	Solid round ^d	176	Solid tape	70	Aluminium	Solid round	50	Stranded	50	Aluminium alloy	Solid tape	50	Solid round	50	Stranded	50	Solid round ^e	176	Copper coated aluminium alloy	Solid round	50	Solid tape	50	Hot dipped galvanized steel	Solid round	50	Stranded	50	Solid round ^f	176	Copper coated steel	Solid round	50	Solid tape	50	Stainless steel	Solid tape ^g	50	Solid round ^g	50	Stranded	70	Solid round ^h	176			
Material	Configuration	Cross-sectional area mm ²																																																										
Copper,	Solid tape	50																																																										
	Solid round ^b	50																																																										
	Stranded ^c	50																																																										
Tin plated copper	Solid round ^d	176																																																										
	Solid tape	70																																																										
Aluminium	Solid round	50																																																										
	Stranded	50																																																										
Aluminium alloy	Solid tape	50																																																										
	Solid round	50																																																										
	Stranded	50																																																										
	Solid round ^e	176																																																										
Copper coated aluminium alloy	Solid round	50																																																										
	Solid tape	50																																																										
Hot dipped galvanized steel	Solid round	50																																																										
	Stranded	50																																																										
	Solid round ^f	176																																																										
Copper coated steel	Solid round	50																																																										
	Solid tape	50																																																										
Stainless steel	Solid tape ^g	50																																																										
	Solid round ^g	50																																																										
	Stranded	70																																																										
	Solid round ^h	176																																																										
		รูปที่ ง.1 วัสดุ รูปแบบ และขนาดต่ำที่สุดของตัวนำต่อลงดิน ที่มา: IEC 62305-3:2010, Protection against lightning-Part 3 Physical damage to structures and life hazard																																																										