กรมการขนส่งทางราง
Department of Rail Transport

มขร. – SC – 007 - 2568

มาตรฐานการทำงานประแจกลไฟฟ้าบนโครงข่ายรถไฟสายหลัก

Standard for Electric Point Machine on Mainline

514/1 Lan Luang Road, Dusit, Bangkok, Thailand 10300
http://www.drt.go.th/
Facebook/DRT.OfficialFanpage

รายนามคณะกรรมการจัดทำมาตรฐานการขนส่งทางราง

คณะกรรมการ

1.	นายอธิภู จิตรานุเคราะห์ กรมการขนส่งทางราง	ประธานกรรมการ
2.	นายปัถย์วิธวินท์ ลู่ชัยชนะ สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	กรรมการ
3.	นายมนต์ชัย ชุ่มอินทรจักร สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร	กรรมการ
4.	นายกำพล บุญชม การรถไฟแห่งประเทศไทย	กรรมการ
5.	นายสุพพัต พิพัฒนกุล การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย	กรรมการ
6.	นายอานุภาพ เกียรติกำจร บริษัท รถไฟฟ้า ร.ฟ.ท. จำกัด	กรรมการ
7.	นายภณสินธุ์ ไพทีกุล สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย	กรรมการ
8.	นายสุธี โอฬารฤทธินันท์ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ	กรรมการ
9.	นายอนุสรณ์ ทนหมื่นไวย สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ	กรรมการ
10.	นายบุญพงษ์ กิจวัฒนาชัย วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์	กรรมการ
11.	นายวัสพล ลัญฉน์วัฒน์ บริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)	กรรมการ
12.	นายหลักฐาน ทองนพคุณ บริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน)	กรรมการ
13.	นายนิวัฒน์ ธัญปิตินันทน์ สมาคมวิศวกรที่ปรึกษาแห่งประเทศไทย	กรรมการ
14.	นายทยากร จันทรางศุ กรมการขนส่งทางราง	กรรมการ และเลขานุการ
15.	นายศุภฤกษ์ สุดยอดประเสริฐ กรมการขนส่งทางราง	กรรมการ และผู้ช่วยเลขานุการ
16.	นายพลากร กลัดเจริญ กรมการขนส่งทางราง	กรรมการ และผู้ช่วยเลขานุการ
17.	นายนรินทร์ จาตุรพิศานุกูล กรมการขนส่งทางราง	กรรมการ และผู้ช่วยเลขานุการ

18.	นางสาวโสภิดา อำนวยศิลป์ กรมการขนส่งทางราง	กรรมการ และผู้ช่วยเลขานุการ
19.	นายพงศธร ศิริจันทร์เพ็ญ กรมการขนส่งทางราง	กรรมการ และผู้ช่วยเลขานุการ
20.	นายปกรณ์ ศรีรักษา กรมการขนส่งทางราง	กรรมการ และผู้ช่วยเลขานุการ

****

รายนามคณะอนุกรรมการจัดทำมาตรฐานด้านไฟฟ้าและอาณัติสัญญาณของระบบราง

คณะอนุกรรมการ

1.	นายพิเชฐ คุณาธรรมรักษ์ กรมการขนส่งทางราง	ประธานอนุกรรมการ
2.	นายทยากร จันทรางศุ กรมการขนส่งทางราง	รองประธานอนุกรรมการ
3.	นายศัลยวิทย์ อภิชาตะพงศ์ การรถไฟแห่งประเทศไทย	อนุกรรมการ
4.	นายนิธินันต์ วิทูรแก้วศิริ การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย	อนุกรรมการ
5.	นายศราวุฒิ เปล่งเจริญศิริชัย สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)	อนุกรรมการ
6.	นางสาวนีรนุช อารีราชการัณย์ บริษัท รถไฟฟ้า ร.ฟ.ท. จำกัด	อนุกรรมการ
7.	นายหลักฐาน ทองนพคุณ บริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน)	อนุกรรมการ
8.	นายปิยชัย ชูเอม บริษัท ระบบขนส่งมวลขนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)	อนุกรรมการ
9.	นายมานะชัย วัฒนหัตถกรรม บริษัท เอเชีย เอรา วัน จำกัด	อนุกรรมการ
10.	นายฉัตรชัย เรืองปรีชา สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ	อนุกรรมการ
11.	นายเอนก วุฒยวนิช การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	อนุกรรมการ
12.	นายปิยะชัย สุขปลั่ง การไฟฟ้านครหลวง	อนุกรรมการ
13.	นายนวพงศ์ นุตาดี การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	อนุกรรมการ
14.	ผศ.ดร.ชัยยุทธ์ สัมภวะคุปต์ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์	อนุกรรมการ
15.	นายบวร มากนาคา สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ	อนุกรรมการ
16.	นายพลากร กลัดเจริญ กรมการขนส่งทางราง	อนุกรรมการ และเลขานุการ

17.	นางสาวโสภิดา อำนวยศิลป์ กรมการขนส่งทางราง	อนุกรรมการ และผู้ช่วยเลขานุการ
18.	นายพงศธร ศิริจันทร์เพ็ญ กรมการขนส่งทางราง	อนุกรรมการ และผู้ช่วยเลขานุการ

****

มขร. – SC – 007 – 2568
มาตรฐานการทำงานประแจกลไฟฟ้าบนโครงข่ายรถไฟสายหลัก
(Standard for Electric Point Machine on Mainline)

1. บททั่วไป

มาตรฐานฉบับนี้ระบุถึงข้อกำหนดทั่วไปของคุณลักษณะการทำงาน การติดตั้ง การทดสอบของประแจกลไฟฟ้าบนทางรถไฟ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้ประแจกลไฟฟ้าและอุปกรณ์ประกอบให้สามารถใช้งานได้กับระบบอาณัติสัญญาณควบคุมการเดินรถได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดความปลอดภัย สำหรับทางรถไฟสายหลัก

1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อใช้กำหนดรูปแบบ คุณลักษณะ และคุณสมบัติขั้นพื้นฐาน การทำงานของประแจกลไฟฟ้า รวมถึงการติดตั้ง การทดสอบ และการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงของประแจกลไฟฟ้า ซึ่งประแจกลไฟฟ้าเป็นส่วนหนึ่งของระบบอาณัติสัญญาณที่ใช้ควบคุมการเดินรถไฟบนทางสายหลัก

1.2 ขอบเขต

- มาตรฐานฉบับนี้ใช้เพื่อเป็นข้อกำหนดในการเลือกใช้อุปกรณ์หลักและ/หรืออุปกรณ์ย่อยสำหรับการทำงานของประแจกลไฟฟ้ากระแสสลับหรือกระแสตรง ให้สามารถทำงานร่วมกันได้ระหว่างประแจกลกับอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ ในระบบอาณัติสัญญาณได้อย่างปลอดภัย
- มาตรฐานฉบับนี้ใช้สำหรับระบบอาณัติสัญญาณของระบบขนส่งทางรางครอบคลุมเส้นทางรถไฟสายหลัก (mainline) ซึ่งประกอบไปด้วย เส้นทางรถไฟชานเมือง (commuter train) และเส้นทางรถไฟระหว่างเมือง (intercity train) ในประเทศไทย ตลอดจนศูนย์ซ่อมบำรุงของเส้นทางรถไฟดังกล่าวด้วย

1.3 มาตรฐานอ้างอิง

1.3.1 EN 50126: 2001 Railway Applications - Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)

1.3.2 EN 50128: 2011 Railway applications - Communication, signalling and processing systems - Software for railway control and protection systems

1.3.3 EN 50129: 2018 Railway applications - Communication, signalling and processing systems - Safety related electronic systems for signalling

1.3.4 EN 50125-3: 2004 Railway Applications - Environmental conditions for equipment - Part 3: Equipment for signalling and telecommunications

1.3.5 EN 50159: 2010 Railway applications. Communication, signalling and processing systems. Safety related communication in open transmission systems

1.3.6 IEC 60529: 2001 Degrees of Protection Electrical Enclosures Package

1.3.7 EN 50121–4: 2015 Railway Applications – Electromagnetic Compatibility - Part 4: Emission and immunity of the signalling and telecommunications apparatus

1.3.8 IEC 61312-1: 1995 Protection against lightning electromagnetic impulse - Part 1: General principles

1.3.9 EN 13232-4: 2023 Railway applications - Track - Switches and crossings for Vignole rails - Part 4: Actuation, locking and detection

1.3.10 EN 13232: 2023 Railway applications - Track - Switches and crossings for Vignole rails

1.3.11 มอก. 513-2553 ระดับชั้นการป้องกันของเปลือกหุ้มบริภัณฑ์ไฟฟ้า (รหัส IP)

1.3.12 มขร. - E - 002 - 2564 มาตรฐานระบบการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

1.3.13 มขร. - SC - 00X - 256X มาตรฐานความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า

1.3.14 มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564

1.3.15 มขร. - E - 001 - 2564 มาตรฐานการต่อลงดินและการต่อฝากบนโครงข่ายรถไฟสายประธาน

2. นิยามคำศัพท์

ประแจ (turnout) หมายถึง อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อให้ขบวนรถสามารถวิ่งผ่านเส้นทางหนึ่งแยกไปเส้นทางอื่นได้

ประแจกล (point machines) หมายถึง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางวิ่งของรถไฟ ซึ่งจะติดตั้งไว้บริเวณทางหลีกหรือทางแยกรถไฟ และสามารถควบคุมได้ด้วยคันกลับที่ตัวประแจ สายลวดดึงรอกหรือมอเตอร์ไฟฟ้า

ประแจกลไฟฟ้า (electric point machines) หมายถึง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางวิ่งของรถไฟ ซึ่งจะติดตั้งไว้บริเวณทางหลีกหรือทางแยกรถไฟ และสามารถควบคุมด้วยไฟฟ้า

ลิ้นประแจ (switch rails/point blades) หมายถึง ชิ้นส่วนที่สามารถเคลื่อนที่ไปตามการบังคับของประแจเพื่อเปลี่ยนทิศทางวิ่งของรถไฟ

คันชักประแจ (stretcher bar) หมายถึง ปลายแท่งเหล็กด้านหนึ่งยึดกับกลไกลที่ใช้กลับประแจ และปลายอีกด้านหนึ่งยึดกับลิ้นประแจทั้ง 2 ข้างไว้ ซึ่งทำหน้าที่ถ่ายแรงไปยังลิ้นประแจ เพื่อให้ลิ้นประแจ เคลื่อนที่ไปในทิศทางที่กำหนด

อุปกรณ์มือหมุนประแจ (crank handle/manual handle) หมายถึง อุปกรณ์ที่ควบคุมประแจกลไฟฟ้าด้วยคันโยก เพื่อสับราง ณ ตำแหน่งของประแจนั้น ๆ แทนการควบคุมประแจกลที่ควบคุมด้วยไฟฟ้าในกรณีที่ไม่สามารถใช้งานด้วยระบบไฟฟ้าได้ เช่น กรณีประแจกลไฟฟ้าขัดข้อง กรณีมีเหตุฉุกเฉิน กรณีซ่อมบำรุงและบำรุงรักษา

เครื่องคอมพิวเตอร์ควบคุม (workstations) หมายถึง เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมระบบอาณัติสัญญาณจากศูนย์กลางหรือที่สถานี (local workstations)

เปลือกหุ้ม (enclosure) หมายถึง ส่วนที่ใช้ป้องกันบริภัณฑ์จากอิทธิพลภายนอก และป้องกันการสัมผัสโดยตรงจากทุกทิศทาง

ระดับชั้นการป้องกัน (degree of protection) หมายถึง ขอบเขตการป้องกันของเปลือกหุ้ม ซึ่งป้องกันการเข้าถึงส่วนที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแปลกปลอมที่เป็นของแข็งและ/หรือน้ำ และทวนสอบโดยวิธีทดสอบที่เป็นมาตรฐาน

รหัส IP (IP code) หมายถึง ระบบรหัสที่ระบุระดับชั้นการป้องกันของเปลือกหุ้ม ซึ่งป้องกันการเข้าถึงส่วนที่เป็นอันตรายจากสิ่งแปลกปลอมที่เป็นของแข็งและ/หรือน้ำ และให้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการป้องกันนั้น

หลักการของอาณัติสัญญาณ (signalling principle) หมายถึง หลักการส่งสัญญาณรถไฟในการควบคุมการเคลื่อนที่ของรถไฟอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ วัตถุประสงค์หลักคือ การป้องกันการชนกัน รับประกันการกำหนดเส้นทางที่ถูกต้อง และรักษาการดำเนินงานตามกำหนดเวลา เมื่อเกิดข้อผิดพลาดของระบบใด ๆ ควรตั้งค่าเริ่มต้นเป็นสถานะที่ปลอดภัย เพื่อลดความเสี่ยงให้เหลือน้อยที่สุด

อุปกรณ์อาณัติสัญญาณ (signalling equipment) หมายถึง อุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบอาณัติสัญญาณ เช่น สัญญาณไฟ ประแจกล

ระบบบังคับสัมพันธ์ (interlocking) หมายถึง ระบบควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อาณัติสัญญาณและควบคุมการเตรียมทางให้ขบวนรถไฟ เพื่อให้การเดินรถมีความปลอดภัย

ตารางควบคุมบังคับสัมพันธ์ (control table) หมายถึง ตารางที่กำหนดการทำงานของอุปกรณ์อาณัติสัญญาณเพื่อเตรียมทางให้ขบวนรถไฟ ซึ่งตารางดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของระบบอาณัติสัญญาณที่กำหนดรายละเอียดของส่วนควบคุมระบบอาณัติสัญญาณ และระบบบังคับสัมพันธ์ สำหรับแต่ละฟังก์ชันของระบบอาณัติสัญญาณ

ระบบบังคับสัมพันธ์ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer - Based Interlocking : CBI) หมายถึง ระบบส่งสัญญาณทางรถไฟ ซึ่งใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ เพื่อการจัดการเส้นทางควบคุมการทำงานของประแจกลไฟฟ้า และสัญญาณไฟให้มีความสอดคล้องกัน เพื่อรับรองการเคลื่อนที่ของรถไฟบนเครือข่ายทางรถไฟให้เป็นไปอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

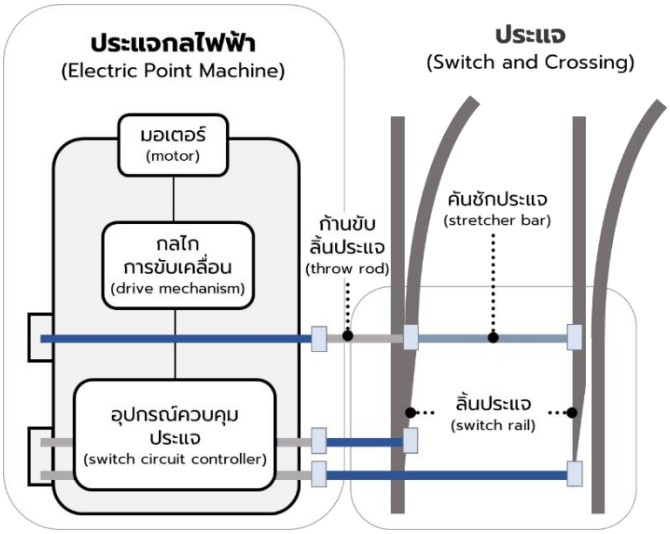
ความปลอดภัยเมื่อขัดข้อง (fail-safe) หมายถึง หลักการในการออกแบบของระบบต่าง ๆ ที่มีการป้องกันเมื่อเกิดความขัดข้องเพื่อลดผลกระทบหรือไม่ให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ ระบบ และสิ่งแวดล้อม

ค่าเฉลี่ยของเวลาทำงานที่ไม่ขัดข้อง (Mean Time Between Failure : MTBF) หมายถึง ระยะเวลาเฉลี่ยก่อนการเสียหายแต่ละครั้ง

ค่าเฉลี่ยเวลาในการซ่อมแซม (Mean Time to Repair : MTTR) หมายถึง ค่าระยะเวลาเฉลี่ย ต่อการเข้าซ่อมแซมอุปกรณ์ต่อครั้ง

3. หลักการทำงานของประแจกลไฟฟ้า

ประแจกลไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์สำคัญในการกำหนดเส้นทางวิ่งของรถไฟ ซึ่งจะทำหน้าที่เคลื่อนของประแจเพื่อบังคับให้ล้อรถไฟเคลื่อนที่ไปตามแนวเส้นทางตรงหรือทางหลีก ขึ้นอยู่กับคำสั่งของระบบบังคับสัมพันธ์ในระบบอาณัติสัญญาณและส่งสัญญาณทิศทางประแจกลับไปยังต้นทางคำสั่งเพื่อยืนยันความถูกต้องของตำแหน่งประแจกลไฟฟ้า



รูปตัวอย่างโครงสร้างทั่วไปของประแจกลไฟฟ้า

ที่มา : ประยุกต์จากบทความ Xiaoxi Hu , Tao Tang , Lei Tan and Heng Zhang, (2023) Fault Detection for Point Machines: A Review, Challenges, and Perspectives *MDPI Actuators 2023, 12, 391.* https://doi.org/10.3390/act12100391

3.1 หลักการทำงานของประแจกลไฟฟ้า (electric point machines) ต้องทำงานให้สอดคล้องกับชนิดของประแจ (turnout) ตาม EN 13232-4 หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

3.1.1 การเคลื่อนที่ของลิ้นประแจ (moving) เพื่อควบคุมทิศทางของประแจ

3.1.2 การล็อกตำแหน่งลิ้นประแจ (locking) เพื่อล็อกตำแหน่งทิศทางของประแจ

3.1.3 การตรวจสอบตำแหน่งลิ้นประแจ (detection) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของประแจ

3.2 ลักษณะการทำงานของประแจกลไฟฟ้า มีดังนี้

3.2.1 การเคลื่อนที่ลิ้นประแจ (moving) ระบบบังคับสัมพันธ์จะตรวจสอบว่า จะต้องไม่มีรถไฟอยู่ (clear) บนตำแหน่งของประแจ หรือไม่มีการเตรียมทาง จึงจะสามารถควบคุมประแจเพื่อเคลื่อนย้ายลิ้นประแจไปยังตำแหน่งที่ต้องการ

3.2.2 การล็อกตำแหน่งลิ้นประแจ (locking) เมื่อลิ้นประแจถูกเคลื่อนไปยังตำแหน่งที่ต้องการแล้ว ประแจกลไฟฟ้าจะใช้กลไกการล็อก เพื่อยึดลิ้นประแจ ให้เข้าที่พร้อมกับตัดไฟฟ้าควบคุมออก กลไกการล็อกเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้แน่ใจว่า ลิ้นประแจยังคงอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องและไม่เคลื่อนที่

3.2.3 การตรวจสอบตำแหน่งลิ้นประแจ (detection) คันชักประแจที่ตรวจสอบตำแหน่งลิ้นประแจทำหน้าที่ตรวจสอบตำแหน่งของลิ้นประแจ เพื่อให้แน่ใจว่า ลิ้นประแจ เคลื่อนที่อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง ในการตรวจสอบดังกล่าวจะมีการตรวจสอบตำแหน่งและส่งสัญญาณไปยังระบบควบคุมอาณัติสัญญาณ เพื่อยืนยันว่า ลิ้นประแจอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง หากลิ้นประแจไม่ได้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องและระบบควบคุมอาณัติสัญญาณ จะไม่สามารถเตรียมทางให้ผ่านเส้นทางนั้นได้ จนกว่าลิ้นประแจจะถูกย้ายไปยังตำแหน่งที่ถูกต้อง

3.3 ข้อกำหนดความปลอดภัยของประแจกลไฟฟ้า (safety requirements)

3.3.1 ส่วนประกอบทั้งหมดในประแจกลไฟฟ้าต้องเป็นไปตามข้อกำหนด ดังนี้

1) ความต้องการด้านความปลอดภัยในการทำงาน (functional safety requirements)
2) ความสมบูรณ์ของความปลอดภัยในการทำงานสำหรับระบบอิเล็กทรอนิกส์ (functional safety integrity for electronic systems) ที่ระบุไว้ในมาตรฐาน EN 50126-2

3.3.2 ระบบต้องผ่านกระบวนการประเมินความเสี่ยง โดยดำเนินการตามกระบวนการของข้อกำหนดความปลอดภัย (safety requirement and safety integrity) ที่ระบุไว้ในมาตรฐาน EN 50129 annex A และ annex E เพื่อป้องกันการขัดข้องที่เป็นอันตรายและลดความเสี่ยงให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้

3.3.3 การกำหนดระดับของระบบรักษาความปลอดภัยของประแจกลไฟฟ้าให้เป็นไปตามกระบวนการประเมินความเสี่ยงของระบบอาณัติสัญญาณ ซึ่งต้องยึดหลักความปลอดภัยเมื่อระบบขัดข้อง (fail-safe)

3.3.4 การดำเนินการออกแบบ การติดตั้ง และการนำไปใช้ของประแจกลไฟฟ้าต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานหลัก ได้แก่ EN 50126, EN 50128 (หรือ EN 50716), EN 50129 และ EN 50159 และครอบคลุมถึงมาตรฐานอื่น ๆ ที่ระบุไว้ในหัวข้อมาตรฐานอ้างอิง รวมถึงการจัดทำเอกสารตามวิธีการและรายละเอียดที่ระบุไว้ในมาตรฐานสำหรับใช้ในการตรวจสอบและประเมินด้านความปลอดภัย

4. ข้อกำหนดการออกแบบ

4.1 ข้อกำหนดการทำงาน (functional requirements)

4.1.1 ประแจกลไฟฟ้าต้องดำเนินการด้านฟังก์ชันและความปลอดภัยของระบบอาณัติสัญญาณโดยปฏิบัติตามหลักการของอาณัติสัญญาณ (signalling principle) และตารางควบคุมบังคับสัมพันธ์ (control table) ที่ถูกอนุมัติแล้ว

4.1.2 ประแจกลไฟฟ้าต้องออกแบบการทำงานให้สอดคล้องกับชนิดของประแจ (turnout) ตามมาตรฐาน EN 13232 หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า รวมถึงรองรับความเร็วสูงสุดที่รถไฟสามารถเคลื่อนที่ผ่านประแจ (turnout) ตามพื้นที่แต่ละส่วนที่มีความต้องการและข้อจำกัดในการทำงานที่แตกต่างกัน ซึ่งรวมไปถึงศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟด้วย

4.1.3 ประแจกลไฟฟ้าสามารถทำงานได้ เมื่อไม่มีการครอบครองทาง (occupied) หรือไม่มีการเตรียมทาง (route setting) หรือไม่มีการปิดประแจ (point blocking)

4.1.4 หากเป็นประแจกลไฟฟ้า ที่ควบคุมโดยระบบบังคับสัมพันธ์ด้วยคอมพิวเตอร์ (CBI) จำเป็นต้องมีคุณสมบัติและฟังก์ชันที่ช่วยในการควบคุมและล็อกประแจเพื่อให้แน่ใจว่ารถไฟจะเดินทาง

ไปบนเส้นทางที่ได้เตรียมไว้ นอกจากนี้ ระบบ CBI ต้องสามารถป้องกันการเปลี่ยนแปลงการเตรียมทาง ที่อาจส่งผลกระทบต่อเส้นทางและประแจที่ได้เลือกไว้ ฟังก์ชันเหล่านี้ ช่วยให้ทำงานได้อย่างต่อเนื่องและปลอดภัย โดยป้องกันการเกิดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการเตรียมทางได้

4.1.5 ประแจกลไฟฟ้าต้องมีการแสดงสถานะต่าง ๆ ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ควบคุม เช่น

1) ทิศทางของประแจ (point direction)
2) ประแจกำลังเคลื่อนที่ (point moving)
3) ประแจล็อก (point lock)
4) ปิดประแจ (point blocking)
5) ประแจถูกรีด (point trailed)
6) ประแจไม่ได้อยู่ในท่าใดท่าหนึ่ง (no position)

4.1.6 เงื่อนไขบังคับสัมพันธ์ของประแจกลไฟฟ้าต้องกำหนด โดยตารางควบคุมบังคับสัมพันธ์ (control table)

4.1.7 การทำงานของประแจกลไฟฟ้าต้องมีการคำนึงถึงค่าเฉลี่ยของเวลาทำงานที่ไม่ขัดข้อง (MTBF) และค่าเฉลี่ยเวลาในการซ่อมแซม (MTTR)

4.2 ข้อกำหนดด้านสมรรถนะ (performance requirements)

ประแจกลไฟฟ้าต้องมีข้อกำหนดด้านสมรรถนะอย่างน้อย ดังนี้

4.2.1 แรงยึดลิ้นประแจ (retaining force) ต้องสอดคล้องกับชนิดของประแจ (turnout) และชุดควบคุมประแจ (backdrive) (ถ้ามี)

4.2.2 ความสามารถการปรับระยะลิ้นประแจต้องสอดคล้องกับประแจ (turnout)

4.2.3 ความสามารถการควบคุมการเคลื่อนที่ของลิ้นประแจ การล็อกประแจ และตรวจสอบสถานะทิศทางลิ้นประแจ

4.2.4 ระดับชั้นการป้องกัน (ระดับ IP) เป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 513-2553 หรือ IEC 60529

4.2.5 มาตรฐานความปลอดภัยเป็นไปตามมาตรฐาน EN 50126 EN 50128 และ EN 50129

4.2.6 ข้อ 4.2.1 – 4.2.3 ให้เป็นไปตามข้อ 3.1 โดยต้องทำงานให้สอดคล้องกับชนิดของประแจ (turnout) ตาม EN 13232-4

4.3 ข้อกำหนดทั่วไป (general requirements)

4.3.1 หากบริเวณพื้นที่ที่ติดตั้งประแจเข้าถึงยาก ให้จัดให้มีทางเดินที่สามารถเข้าถึงประแจกลไฟฟ้าได้ เพื่อให้แน่ใจว่าเจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุงสามารถเข้าเพื่อซ่อมบำรุงได้ นอกจากนี้อาจพิจารณาถึงกรณีที่ผู้โดยสารที่เดินอพยพระหว่างสถานการณ์ฉุกเฉินให้สามารถเดินผ่านพื้นที่ดังกล่าวได้อย่างปลอดภัย

4.3.2 ประแจกลไฟฟ้าจะต้องมีการระบุหมายเลข เพื่อให้สามารถระบุตัวประแจได้

4.3.3 กรณีประแจกลไฟฟ้าขัดข้อง กรณีมีเหตุฉุกเฉิน และกรณีซ่อมบำรุงและบำรุงรักษา ประแจกลไฟฟ้าต้องสามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง โดยการใช้อุปกรณ์มือหมุนประแจ (crank handle) ตัดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้ประแจกลไฟฟ้า และทำการควบคุมโดยการหมุนอุปกรณ์มือหมุนประแจในกรณีข้างต้น

5. ข้อกำหนดการติดตั้ง

5.1 ข้อกำหนดของอุปกรณ์และสภาวะแวดล้อมในการติดตั้ง (equipment and environmental requirements)

5.1.1 อุณหภูมิ (temperature) การติดตั้งอุปกรณ์ให้เป็นไปตามมาตรฐาน EN 50125-3

5.1.2 ความชื้นสัมพัทธ์ (humidity) การติดตั้งอุปกรณ์และกล่องบรรจุติดตั้งอุปกรณ์ให้เป็นไปตามมาตรฐาน EN 50125-3 และต้องสามารถทำงานได้ที่สภาวะความชื้นสัมพัทธ์ 99% สำหรับอุปกรณ์ที่ติดตั้งข้างทางวิ่งรถไฟ

5.1.3 ผลกระทบจากระบบจ่ายไฟฟ้าขับเคลื่อน (effect of traction power) อุปกรณ์ต้องไม่ได้รับผลกระทบจากการเหนี่ยวนำของระบบไฟฟ้าขับเคลื่อนรถไฟ โดยการป้องกันการรบกวนจากระบบไฟฟ้าขับเคลื่อนให้เป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐานระบบการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ มขร. – E - 002 – 2564

5.1.4 ไฟกระชาก (electrical surge) ระบบจ่ายไฟฟ้าเลี้ยงอุปกรณ์จะต้องมีระบบป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์จากกรณีของการเกิดไฟกระชากจากการทำงานของอุปกรณ์สวิตช์ชิ่ง โดยการกำหนดเขตการออกแบบรับไฟกระชาก หรือฟ้าผ่าตามข้อกำหนดในมาตรฐานการต่อลงดินและการต่อฝากบนโครงข่ายรถไฟสายประธาน มขร. - E - 001 – 2564 หรือมาตรฐาน IEC 61312-1

5.1.5 การป้องกันอันตรายจากการแทรกสอดทางไฟฟ้า อุปกรณ์ต้องออกแบบให้สามารถรักษาระดับความเชื่อมั่นของระบบและการป้องกันอันตรายจากการแทรกสอดทางไฟฟ้าซึ่งเป็นผลมาจากระบบไฟฟ้าขับเคลื่อน เช่น การรบกวนเนื่องจากแรงดันไฟฟ้าเกิน การกระชาก และการกระเพื่อมของแรงดันและกระแสไฟฟ้า การป้องกันให้เป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐานความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า มขร. – SC - 00X – 256X หรือ EN 50121-4 หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

5.1.6 กล่องบรรจุหรือตู้อุปกรณ์ติดตั้งข้างทางวิ่งรถไฟ

กล่องบรรจุหรือตู้อุปกรณ์ติดตั้งข้างทางวิ่งรถไฟให้เป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 513-2553 ระดับชั้นการป้องกันของเปลือกหุ้มบริภัณฑ์ไฟฟ้า หรือ IEC 60529 (อย่างน้อยรหัส IP 54) รวมถึงมาตรฐาน EN 50125-3 ที่กล่าวถึงเรื่องการสั่นและการกระแทก (vibrations and shocks) หรือให้เป็นไปตามข้อกำหนดอย่างน้อยดังนี้

1) ตู้หรือกล่องบรรจุอุปกรณ์ต้องสามารถล็อก เพื่อความปลอดภัยมั่นคง และอุปกรณ์ต้องสามารถทนต่อแสงแดดและฝน
2) ตู้หรือกล่องบรรจุอุปกรณ์ที่ติดตั้งบริเวณทางรถไฟต้องสามารถทน ความชื้น ฝุ่นละออง ขนาดเล็กจากระบบห้ามล้อและควันไอเสีย ตามมาตรฐานระดับชั้นการป้องกัน ของเปลือกหุ้มบริภัณฑ์ไฟฟ้าอย่างน้อยรหัส IP 54 ตาม มอก. 513-2553 หรือตามมาตรฐาน IEC 60529

5.2 ข้อกำหนดการติดตั้งทั่วไป (general installation requirements)

5.2.1 ฐานราก (proper foundations) ให้จัดเตรียมฐานรากที่มั่นคงและได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสมกับประแจกลไฟฟ้า ตรวจสอบให้แน่ใจว่าฐานรองรับน้ำหนักและโหลดแบบพลวัตที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของประแจกลไฟฟ้า ใช้วัสดุที่เหมาะสม เช่น คอนกรีตหรือเหล็ก และปฏิบัติตามข้อกำหนดทางวิศวกรรมสำหรับการก่อสร้างฐานราก

5.2.2 การติดตั้งอย่างปลอดภัย (secure mounting) ให้ยึดประแจกลไฟฟ้าเข้ากับฐานรากหรือโครงสร้างที่รองรับอย่างมั่นคง โดยใช้อุปกรณ์สำหรับติดตั้งที่เหมาะสม และการติดตั้งต้องมีความแข็งแรงเพื่อให้รองรับต่อแรงและการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นระหว่างการเดินรถได้

5.2.3 การต่อไฟฟ้า (electrical connections) ให้ทำการเชื่อมต่อไฟฟ้าตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564 หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า รวมถึงการต่อลงดินและการต่อสายดินเพื่อความปลอดภัยทางไฟฟ้าและลดความเสี่ยงของความผิดพลาดทางไฟฟ้าให้เป็นไปตามมาตรฐานการต่อลงดินและการต่อฝากบนโครงข่ายรถไฟสายประธาน มขร. - E - 001 – 2564 หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

5.2.4 การวางและการปรับตำแหน่ง (alignment and adjustment) ให้จัดตำแหน่งและการปรับประแจกลไฟฟ้าอย่างถูกต้อง เพื่อให้แน่ใจว่าการทำงานเพื่อขับเคลื่อนประแจที่เชื่อถือได้และสอดคล้องกับรางและชนิดของประแจ (turnout)

6. ข้อกำหนดการทดสอบและการตรวจสอบก่อนใช้งาน

การทดสอบประแจกลไฟฟ้าก่อนการใช้งานให้เป็นไปตามข้อกำหนดการทำงานของผู้ผลิต และข้อกำหนดการออกแบบ ดังต่อไปนี้

6.1 การทดสอบฟังก์ชันการทำงานทั่วไป

การทดสอบการทำงานเพื่อให้มั่นใจว่าประแจกลไฟฟ้าทำงานได้อย่างถูกต้องในทุกสภาพแวดล้อม การทดสอบการทำงานต้องครอบคลุมตามที่ออกแบบไว้ใน 4.1 ข้อกำหนดการทำงาน และตามข้อ 4.2 ข้อกำหนดด้านสมรรถนะซึ่งต้องมีรายงานผลการทดสอบอย่างน้อยดังนี้

6.1.1 ผลการทดสอบแรงยึดลิ้นประแจ (retaining force) โดยต้องสอดคล้องกับชนิดของประแจ (turnout) และชุดควบคุมประแจ (backdrive) (ถ้ามี)

6.1.2 ผลการทดสอบความสามารถการปรับระยะลิ้นประแจต้องสอดคล้องกับประแจ (turnout)

6.1.3 ผลการทดสอบความสามารถการควบคุมการเคลื่อนที่ของลิ้นประแจ การล็อกประแจ และตรวจสอบสถานะทิศทางลิ้นประแจ

6.1.4 ผลการทดสอบระดับป้องกัน (ระดับ IP) ตามมาตรฐาน มอก. 513-2553 หรือ IEC 60529

6.1.5 ผลการทดสอบตามข้อกำหนดความปลอดภัยตามมาตรฐาน EN 50126 EN 50128 EN 50129

6.2 การทดสอบร่วมกับระบบบังคับสัมพันธ์ด้วยคอมพิวเตอร์ (CBI)

ประแจกลไฟฟ้าต้องมีการทดสอบการทำงานประสานร่วมกัน ระหว่างประแจกลไฟฟ้าและระบบบังคับสัมพันธ์ เพื่อตรวจสอบการทำงานร่วมกัน การทดสอบการทำงานร่วมกันรวมถึงการใช้สัญญาณทดสอบการเคลื่อนที่ของรถไฟและทดสอบการตอบสนองของระบบประสานที่ทำงานร่วมกัน และครอบคลุมถึงข้อที่ต้องพิจารณาดังนี้

6.2.1 การทำงานต่าง ๆ ของประแจกลไฟฟ้าต้องเป็นไปตามตารางควบคุมบังคับสัมพันธ์ (control table) และหลักการของอาณัติสัญญาณ (signalling principle) ที่กำหนดไว้

6.2.2 ระยะเวลาในการสั่งการ (control) ตรวจสอบสถานะ (detect) และแสดงสถานะ (status) ส่งกลับไปที่เครื่องคอมพิวเตอร์ควบคุมและต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ

7. การบำรุงรักษาและการซ่อมบำรุง

7.1 การปฏิบัติงานในการบำรุงรักษาและการซ่อมบำรุง สำหรับประแจกลไฟฟ้าให้เป็นไปตามข้อกำหนดการซ่อมบำรุงของผู้ผลิต หรือรอบการบำรุงรักษาที่สอดคล้อง EN 50126-1 และ EN 50126-2

7.2 ผู้ปฏิบัติงานที่ควบคุมและดูแลระบบ และผู้ปฏิบัติงานซ่อมบำรุงต้องได้รับการอบรมและผ่านเกณฑ์การอบรมจากผู้ผลิต

8. การทำงานร่วมกันได้ (interoperability)

ประแจกลไฟฟ้าที่นำมาติดตั้งใหม่บนเส้นทางรถไฟเดิมต้องสามารถทำงานร่วมกับระบบอาณัติสัญญาณที่ใช้งานบนเส้นทางรถไฟเดิม และต้องคำนึงถึงการรองรับการทำงานหรือการปรับเปลี่ยนของเทคโนโลยีอุปกรณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตด้วย

กรมการขนส่งทางราง
514/1 ถนนหลานหลวง แขวงสี่แยกมหานาค เขตดุสิต กรุงเทพ 10300
โทร: 02 164 2607 โทรสาร: 02 164 2606
https://www.drt.go.th