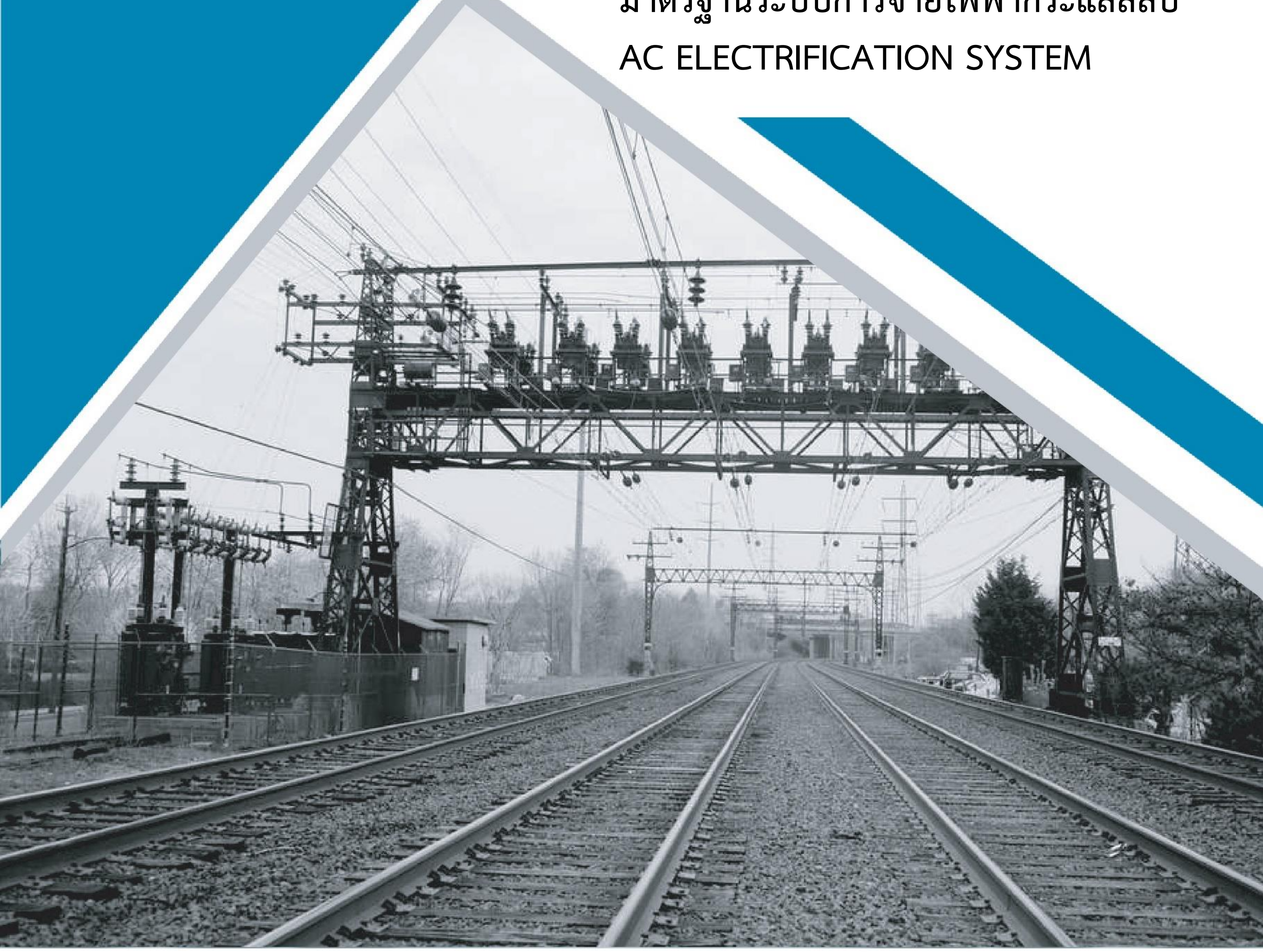
กรมการขนส่งทางราง
Department of Rail Transport

มขร. – E – 002 – 2564

มาตรฐานระบบการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

AC ELECTRIFICATION SYSTEM



กองมาตรฐานความปลอดภัยและบำรุงทาง

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

มขร. – E – 002 – 2564

มาตรฐานระบบการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Electrification System)

1 บททั่วไป

ระบบขับเคลื่อนสำหรับรถไฟมาจากพลังงานไฟฟ้า ซึ่งแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต้องสามารถจ่ายไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง และมีพิกัดการจ่ายกำลังไฟฟ้าเพียงพอต่อความต้องการสำหรับระบบขับเคลื่อนดังกล่าว ในการเลือกใช้ระบบการจ่ายไฟฟ้าสำหรับรถไฟให้เหมาะสมจะช่วยให้ระบบขับเคลื่อนของรถไฟเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และหากมีการออกแบบระบบการจ่ายไฟฟ้าที่ดีจะช่วยลดปัญหาด้านคุณภาพไฟฟ้า เช่น ฮาร์มอนิกส์ แรงดันเกิน ความถี่ การแทรกสอดทางแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นต้น อีกทั้ง ระบบการจ่ายไฟฟ้ามีการออกแบบหลายรูปแบบและซับซ้อน ด้วยเหตุนี้ จึงได้จัดทำมาตรฐานระบบการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งได้อ้างอิงจากมาตรฐานสากล โดยคำนึงถึงความเหมาะสมในการนำมาใช้ในประเทศไทย รวมถึงมาตรฐานของประเทศไทยที่เกี่ยวข้อง

1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อกำหนดใช้เป็นแนวทางการออกแบบ ติดตั้ง การทดสอบ และการตรวจสอบ ของระบบการจ่ายไฟฟ้าสำหรับสถานีไฟฟ้าประธาน สถานีไฟฟ้าขับเคลื่อน รวมถึงอุปกรณ์ของระบบจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับระบบรถไฟฟ้าสายประธานในประเทศไทย

1.2 ขอบข่าย

ครอบคลุมระบบรถไฟสายประธาน (main line) ที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ากระแสสลับในประเทศไทย ซึ่งรวมถึงระบบรถไฟชานเมือง (commuter train) และระบบรถไฟระหว่างเมือง (intercity train)

1.3 เอกสารอ้างถึง

1) EN 50163:2004, Railway applications —Supply voltages of traction systems
2) EN 50388:2012, Railway Applications - Power supply and rolling stock - Technical criteria for the coordination between power supply (substation) and rolling stock to achieve interoperability
3) EN 50633:2016, Railway applications - Fixed installations - Protection principles for AC and DC electric traction systems
4) EN 50367:2012, Railway applications - Current collection systems - Technical criteria for the interaction between pantograph and overhead line (to achieve free access)
5) EN 50119:2020, Railway applications. Fixed installations. Electric traction overhead contact lines
6) EN 50149:2012, Railway applications. Fixed installations. Electric traction. Copper and copper alloy grooved contact wires

7) EN 50122-1:2011, Railway applications – Fixed installations – Electrical safety, earthing and the return circuit–Part 1: Protective provisions against electric shock
8) EN 50126:2017 Railway Applications—Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)
9) IEC 61000-5-2:1997, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 5: Installation and mitigation guidelines - Section 2: Earthing and cabling
10) ข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าของการขนส่งระบบราง, การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2561
11) มขร.-E-001-2564, มาตรฐานการต่อลงดินและการต่อฝากบนโครงข่ายรถไฟสายประธาน, มาตรฐานระบบไฟฟ้าของการเดินรถขนส่งทางรางบนโครงข่ายรถไฟสายประธานของประเทศไทย, กรมการขนส่งทางราง
12) มขร.-E-003-2564, มาตรฐานรูปแบบการต่อหม้อแปลงสำหรับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ, มาตรฐานระบบไฟฟ้าของการเดินรถขนส่งทางรางบนโครงข่ายรถไฟสายประธานของประเทศไทย, กรมการขนส่งทางราง
13) F. Kiessling, R. Puschmann, A. Schmieder and E. Schneider, "*Contact Lines for Electric Railways: Planning, Design, Implementation, Maintenance*", 3Ed. Wiley VCH, 2017

2. นิยามคำศัพท์

การไฟฟ้าท้องถิ่น (local electricity authority) หมายถึง หน่วยงานที่ทำหน้าที่บริการจำหน่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตพื้นที่นั้น ๆ เช่น การไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เป็นต้น

วงจรกระแสไหลกลับ (return circuit) หมายถึง วงจรซึ่งทำหน้าที่เป็นเส้นทางสำหรับกระแสไหลกลับของระบบจ่ายไฟฟ้าขับเคลื่อน

สถานีไฟฟ้าขับเคลื่อน (Traction Substation: TSS) หมายถึง สถานีไฟฟ้าย่อยสำหรับจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบขับเคลื่อนของรถไฟ

สถานีไฟฟ้าประธาน (Bulk Substation: BSS) หมายถึง สถานีไฟฟ้าสำหรับจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบรถไฟฟ้า

ระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะ (Overhead Contact System: OCS) หมายถึง ระบบการจ่ายไฟฟ้าให้แก่รถไฟฟ้าโดยใช้สายสัมผัสเหนือศีรษะเพื่อใช้ขับเคลื่อนรถไฟฟ้า

ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าเสริม (auxiliary power supply system) หมายถึง ระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่สถานีรถไฟ ศูนย์ซ่อมบำรุง และศูนย์ควบคุมกลาง ที่ไม่ใช่โหลดขับเคลื่อน

หม้อแปลงออโต้ (auto transformer) หมายถึง หม้อแปลงที่มีขดลวดอย่างน้อยสองขดร่วมกัน อาทิเช่น หม้อแปลงที่ทำหน้าที่เพิ่มแรงดัน ในกรณีที่เกิดแรงดันตกในระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะ

หม้อแปลงขับเคลื่อน (traction transformer) หมายถึง หม้อแปลงที่ติดตั้งที่สถานีไฟฟ้าขับเคลื่อนทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบขับเคลื่อนของรถไฟฟ้า

หม้อแปลงเสริม (auxiliary transformer) หมายถึง หม้อแปลงที่ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับสถานีรถไฟ ศูนย์ซ่อมบำรุง และศูนย์ควบคุมกลาง ที่ไม่ใช่โหลดขับเคลื่อน

สายดินขึงอากาศ (Aerial Earth Wire: AEW) หมายถึง สายตัวนำที่ทำหน้าที่เป็นสายดินและป้องกันฟ้าผ่า โดยติดตั้งอยู่บนเสาระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะ

สายดรอป (dropper) หมายถึง สายที่ทำหน้าที่ยึดจับระหว่างสายสัมผัสกับสายแมสเซนเจอร์

สายแมสเซนเจอร์ (messenger wire) หมายถึง ลวดสลิงที่ช่วยดึงสายสัมผัส เพื่อรักษาระดับของสายสัมผัสให้เหมาะสมตามการออกแบบ

สายสัมผัส (contact wire) หมายถึง สายตัวนำส่งกระแสไฟให้แก่ขบวนรถไฟ, สายตัวนำสัมผัสพาดอากาศ

แพนโทกราฟ / สาลี่ (pantograph) หมายถึง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับกระแสไฟฟ้าจากตัวนำเข้ามายังขบวนรถไฟ ซึ่งติดตั้งอยู่บนขบวนรถไฟ

คานยื่น (cantilever) หมายถึง ท่อที่ใช้ยึดจับสายสัมผัสและสายแมสเซนเจอร์ให้อยู่เหนือทางวิ่ง

การต่อลงดิน (earthing) หมายถึง การต่อตัวนำไม่ว่าโดยตั้งใจหรือบังเอิญระหว่างวงจรไฟฟ้าหรือบริภัณฑ์กับดินหรือกับส่วนที่เป็นตัวนำซึ่งทำหน้าที่แทนดิน

การต่อฝาก (bonding) หมายถึง การต่อถึงกันอย่างถาวรของส่วนที่เป็นโลหะให้เกิดเป็นทางนำไฟฟ้าที่มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าและสามารถนำกระแสที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างปลอดภัย

ไฟฟ้าดูด (electrical shock) หมายถึง ผลกระทบที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านร่างกายมนุษย์

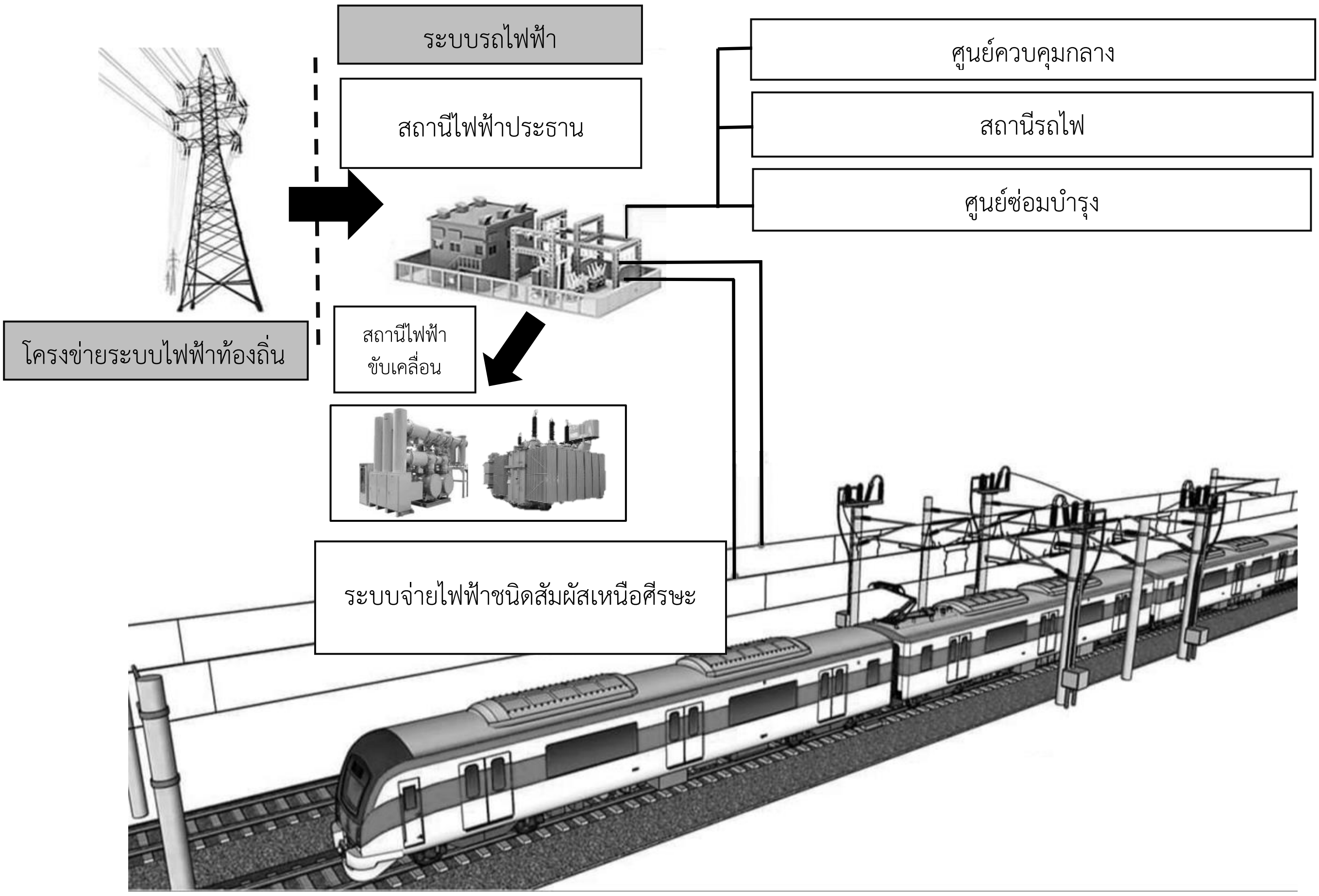
แรงดันสัมผัส (touch voltage) หมายถึง แรงดันไฟฟ้าระหว่างตำแหน่งที่มือสัมผัสกับโครงสร้างหรืออุปกรณ์เทียบกับตำแหน่งที่มนุษย์ยืน

แรงดันช่วงก้าว (step voltage) หมายถึง แรงดันไฟฟ้าระหว่างเท้า ณ ตำแหน่งที่มนุษย์ยืน ที่มีระยะห่างกัน 1 เมตร

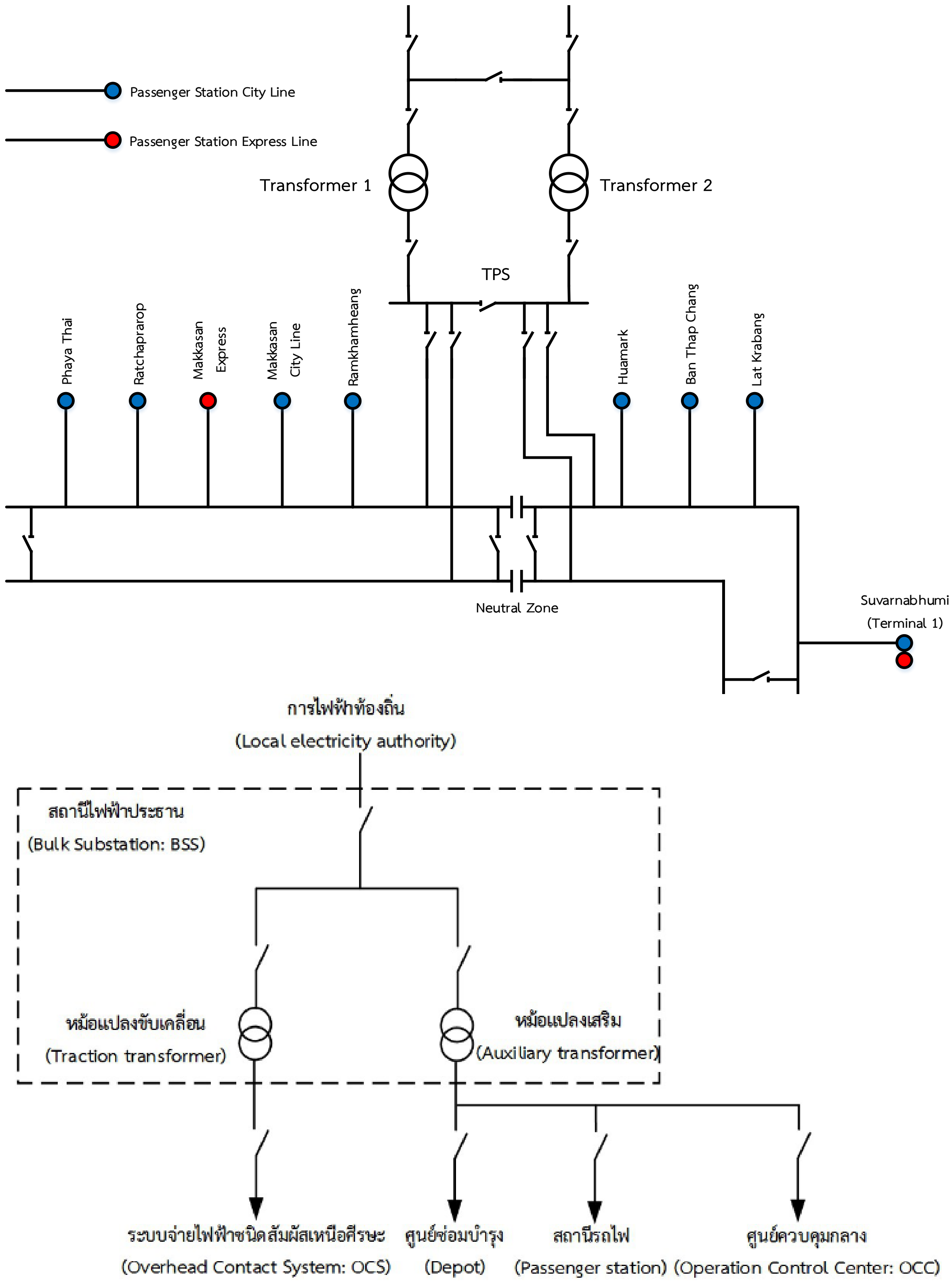
ความน่าเชื่อถือ ความพร้อมใช้ ความสามารถในการซ่อมบำรุง และความปลอดภัยของระบบ (Reliability, Availability, Maintainability and Safety :RAMS) หมายถึง กระบวนการในการศึกษา วิเคราะห์ ความน่าเชื่อถือของระบบ ความพร้อมใช้ของระบบ ความสามารถในการซ่อมบำรุงของระบบ และความปลอดภัยของระบบ

3. การจ่ายไฟฟ้าสำหรับรถไฟฟ้า

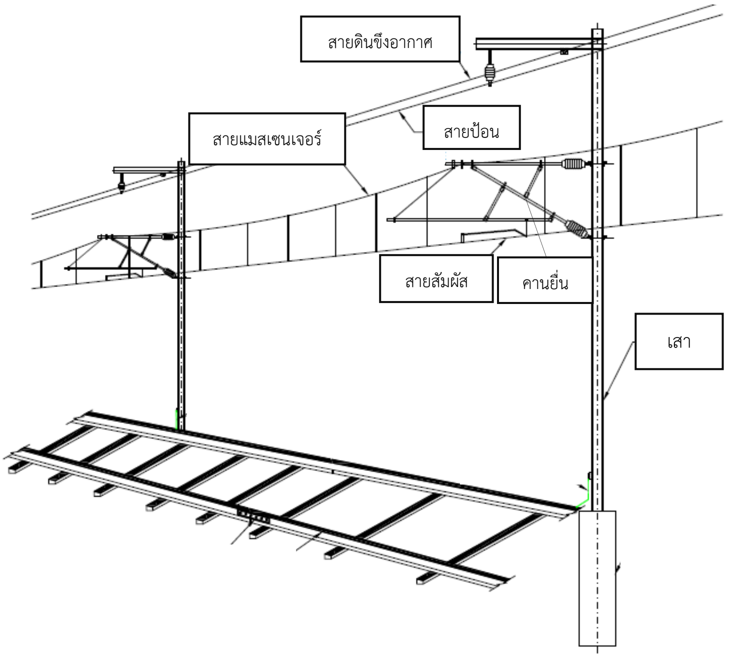
ระบบจ่ายไฟฟ้าสำหรับรถไฟฟ้าโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ระบบ ระบบจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับและระบบจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ระบบจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับรถไฟสายประธาน แสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งระบบรถไฟฟ้ารับกระแสไฟฟ้ามาจากการไฟฟ้าท้องถิ่น เข้าสู่สถานีไฟฟ้าประธาน โดยมีตัวอย่าง single line diagram สำหรับการออกแบบระบบการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ แสดงดังรูปที่ 2 จากนั้นกระแสไฟฟ้าจะถูกจ่ายโดยผ่านระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะ แสดงดังรูปที่ 3 และมีแพนโทกราฟ หรือ สาลี่ แสดงดังรูปที่ 4 เพื่อรับกระแสไฟฟ้ามาสู่ขบวนรถไฟ ทำให้ระบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าบนขบวนรถไฟทำงานได้ จากนั้นกระแสไฟฟ้าจะไหลย้อนกลับไปยังสถานีไฟฟ้าขับเคลื่อน โดยผ่านทางรางรถไฟ นอกจากนี้ระบบจ่ายไฟฟ้าต้องจ่ายไฟฟ้าให้ศูนย์ซ่อมบำรุง (depot) สถานีรถไฟ (passenger station) และศูนย์ควบคุมกลาง (Operation Control Center: OCC) อีกด้วย



รูปที่ 1 ภาพรวมของระบบจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับรถไฟสายประธาน

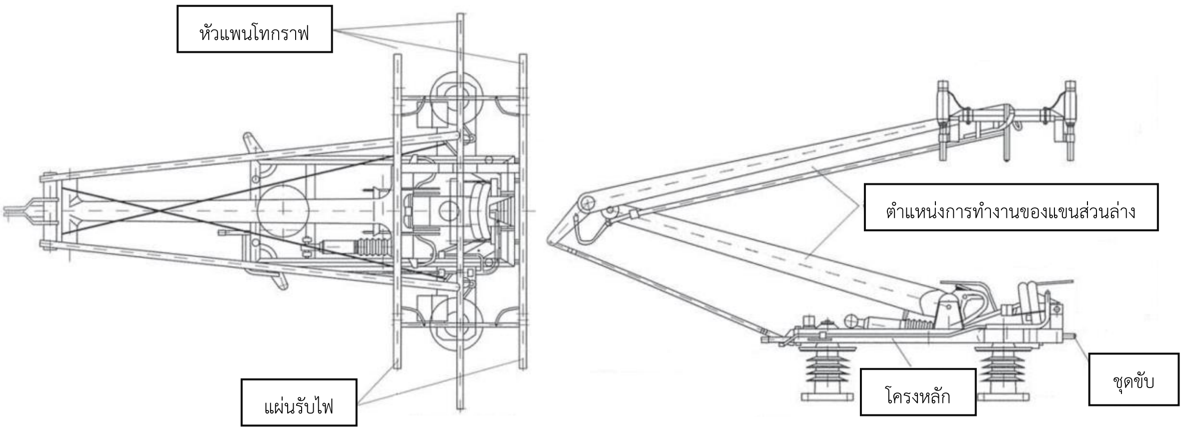


รูปที่ 2 ตัวอย่าง single line diagram สำหรับการออกแบบระบบการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ



รูปที่ 3 ตัวอย่างอุปกรณ์ระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะ

ที่มา: F. Kiessling, R. Puschmann, A. Schmieder and E. Schneider, "Contact Lines for Electric Railways: Planning, Design, Implementation, Maintenance", 3Ed., Wiley VCH, 2017



รูปที่ 4 ตัวอย่างองค์ประกอบของแพนโทกราฟ

ที่มา: F. Kiessling, R. Puschmann, A. Schmieder and E. Schneider, "Contact Lines for Electric Railways: Planning, Design, Implementation, Maintenance", 3Ed., Wiley VCH, 2017

4. ข้อกำหนดการออกแบบ

1) การออกแบบระบบจ่ายไฟฟ้าจะใช้อุปกรณ์ที่ให้ข้อมูลที่สอดคล้องกับการออกแบบด้านความน่าเชื่อถือ ความพร้อมใช้ ความสามารถในการซ่อมบำรุง และความปลอดภัยของระบบ (Reliability, Availability, Maintainability and Safety :RAMS) ตามมาตรฐาน EN 50126 โดยจะต้องอยู่บนพื้นฐานของความปลอดภัยต่ออุปกรณ์เองหรือต่อบุคคลใด ๆ

2) ระบบจ่ายไฟฟ้าต้องมีการออกแบบของระบบ ดังนี้

2.1) ระบบจ่ายไฟฟ้าขับเคลื่อน ต้องออกแบบโดยพิจารณาภายใต้เงื่อนไขสภาวะการทำงานปกติและผิดปกติ ภายใต้เงื่อนไขสภาวะฉุกเฉิน การบริการเดินรถไฟที่คาดการณ์ไว้ และผลกระทบต่อโครงข่ายของการไฟฟ้าท้องถิ่น โดยจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

- ระดับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับระบบไฟฟ้าขับเคลื่อน ต้องเป็นไปตามที่ระบุในมาตรฐาน EN 50163 ดังภาคผนวก ก
- ระดับแรงดันไฟฟ้าของการไฟฟ้าท้องถิ่น แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การศึกษาแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล (voltage unbalance) การศึกษาผลกระทบของฮาร์มอนิกส์ และการศึกษาแรงดันไฟฟ้ากระเพื่อม (voltage flicker) ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าว ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของการไฟฟ้าท้องถิ่น

2.2) ต้องออกแบบอุปกรณ์ของระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะให้ทำงานร่วมกันได้กับแพนโทกราฟตามมาตรฐาน EN 50119 หรือมาตรฐานอื่นเทียบเท่า เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย มีประสิทธิภาพ และทำงานได้อย่างต่อเนื่อง โดยพิจารณาถึงพฤติกรรมพลวัตของระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะ (OCS dynamic behaviour) ที่มีคุณสมบัติเชิงกลตามมาตรฐาน EN 50119 และ EN 50149 ด้วย

2.3) ต้องพิจารณาถึงแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (induced voltage) โดยคำนวณแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำสูงสุดในสายเคเบิลทองแดงหรือตัวนำใด ๆ ซึ่งติดตั้งขนานกับอุปกรณ์ระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะ

2.4) ต้องพิจารณาการศึกษาแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าเสริม (auxiliary power supply) สำหรับการระบุพิกัดตามความต้องการไฟฟ้าของสถานีรถไฟ ศูนย์ซ่อมบำรุง ศูนย์ควบคุมกลาง และอุปกรณ์ข้างทางใด ๆ โดยระดับความสมดุลของโหลดต้องอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้

3) ข้อกำหนดของระบบจ่ายไฟฟ้าสำหรับระบบขับเคลื่อนของรถไฟ ต้องกำหนดโดยการศึกษาแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าสำหรับระบบขับเคลื่อนรถไฟ (traction power supply) ระดับกระแสลัดวงจร การศึกษาการไหลของกำลังไฟฟ้าและการวิเคราะห์ความผิดพร่อง

4) ระบบจ่ายไฟฟ้าต้องออกแบบให้มีระบบป้องกันไฟฟ้าด้วยรีเลย์ และมีการตั้งค่ารีเลย์ให้ถูกต้องตามมาตรฐาน EN 50633 และมาตรฐานระบบไฟฟ้าของการเดินรถขนส่งทางราง การป้องกันและฉนวนตามที่กรมการขนส่งทางรางกำหนด หรือมาตรฐานอื่นเทียบเท่า

5) หม้อแปลงออโต้ หม้อแปลงขับเคลื่อน และหม้อแปลงเสริม จะต้องออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐาน IEC 60076 ภายใต้การออกแบบของระบบจ่ายไฟฟ้าในข้อ 2) โดยต้องคำนึงถึงการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าที่ให้กับแพนโทกราฟ และให้เป็นไปตามมาตรฐานระบบไฟฟ้าของการเดินรถขนส่งทางราง มขร.- E – 003 - 2564 รูปแบบการต่อหม้อแปลงสำหรับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ หรือมาตรฐานอื่นเทียบเท่า

6) ระบบจ่ายไฟฟ้าต้องออกแบบให้มีคุณภาพไฟฟ้า ณ จุดเชื่อมต่อกับโครงข่ายระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าท้องถิ่น ตามมาตรฐานระบบไฟฟ้าของการเดินรถขนส่งทางราง คุณภาพไฟฟ้า ตามที่กรมการขนส่งทางรางกำหนด หรือข้อกำหนดของการไฟฟ้าท้องถิ่น

7) ระบบจ่ายไฟฟ้าต้องมีการออกแบบการต่อลงดินสำหรับสถานีไฟฟ้าขับเคลื่อน ระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะ สถานีรถไฟ รวมถึงศูนย์ควบคุมกลาง ต้องเป็นไปตามมาตรฐานระบบไฟฟ้าของการเดินรถขนส่งทางราง มขร.- E – 001 - 2564 การต่อลงดินและการต่อฝากบนโครงข่ายรถไฟสายประธาน มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (EIT Standard 2001-56) หรือมาตรฐานอื่นเทียบเท่า

8) ระบบจ่ายไฟฟ้าจะต้องคำนึงถึงการป้องกันระบบอิเล็กทรอนิกส์และระบบไฟฟ้าที่มีความอ่อนไหวและเชื่อมโยงถึงกันต่อแรงดันไฟฟ้ารบกวน (noise voltage)

9) ระบบจ่ายไฟฟ้าจะต้องไม่ก่อให้เกิดปัญหาด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Compatibility: EMC) ระหว่างอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของระบบไฟฟ้าแรงดันสูงตามมาตรฐาน IEC 61000-5-2

10) ระบบจ่ายไฟฟ้าต้องมีการออกแบบซ้ำสำรองขนาน (parallel redundancy) ในระบบด้วย

5. คุณสมบัติ

1) อุปกรณ์จ่ายไฟฟ้าสำหรับระบบขับเคลื่อนรถไฟและระบบไฟฟ้าเสริมจะต้องอยู่ในเกณฑ์ทางวิศวกรรมและข้อกำหนดด้านสมรรถนะตามมาตรฐานสากล เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน IEC 62271-100 หรือมาตรฐานอื่นเทียบเท่า หม้อแปลงขับเคลื่อนและหม้อแปลงออโต้ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน IEC 60076 มอก. 384 หรือมาตรฐานอื่นเทียบเท่า สวิตช์เกียร์ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน EN 50152, EN 60947, EN 60298 และ EN 60694 อุปกรณ์ระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะ และแพนโทกราฟต้องเป็นไปตามมาตรฐาน EN 50119 และ EN 50149 หรือมาตรฐานอื่นเทียบเท่า

2) อุปกรณ์จ่ายไฟฟ้าสำหรับระบบขับเคลื่อนรถไฟ รวมถึงตัวนำ สายดรอป และอื่น ๆ ทั้งหมดต้องรองรับพิกัดกระแสลัดวงจรสูงสุดของระบบได้

3) คานยื่นที่รองรับสายสัมผัส และสายแมสเซนเจอร์ วัสดุควรเป็นอลูมิเนียมหรืออลูมิเนียมอัลลอยเพื่อความสะดวกในการบำรุงรักษา และป้องกันการผุกร่อน

4) เสารองรับระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะต้องมีความมั่นคงแข็งแรง หากเป็นโครงสร้างที่ทำจากวัสดุเหล็กให้มีการป้องกันสนิม

6. ข้อกำหนดการทำงาน

1) ระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะสำหรับการขับเคลื่อนรถไฟและระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าเสริมสำหรับสถานีรถไฟ ศูนย์ซ่อมบำรุง และศูนย์ควบคุมกลาง ต้องได้รับการดูแลจากศูนย์ควบคุมโดยระบบเฝ้าระวังและควบคุมระยะไกล (SCADA) โหมดการทำงานปกติต้องเป็นโหมดอัตโนมัติ

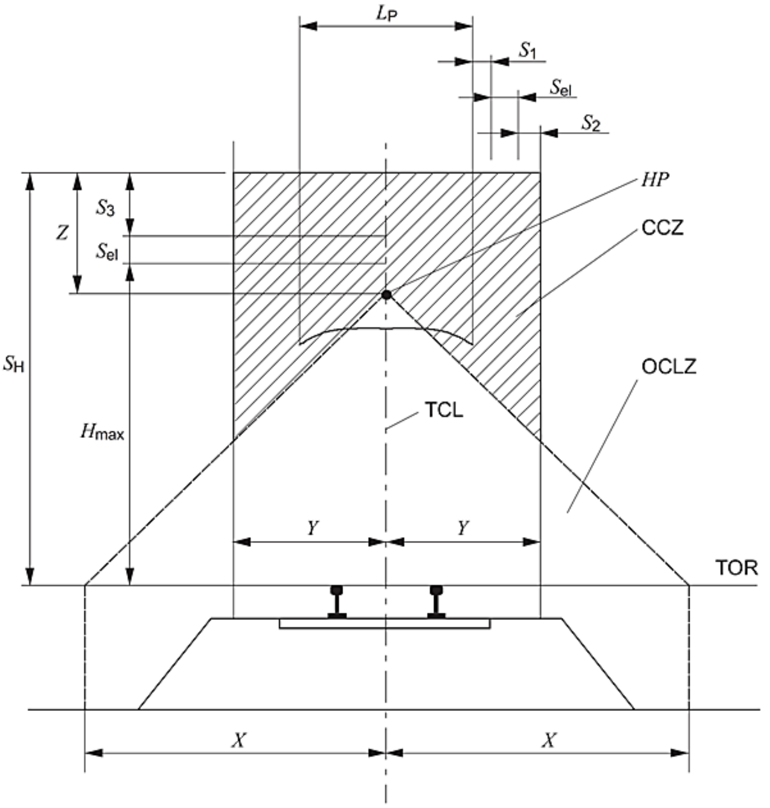
2) ข้อกำหนดสำหรับการทำงานประสานกันระหว่างแพนโทกราฟและสายสัมผัสเหนือศีรษะเพื่อให้เกิดความสามารถในการทำงานร่วมกันได้ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน EN 50367 หรือมาตรฐานอื่นเทียบเท่า

3) การทำงานประสานกันระหว่างแหล่งจ่ายไฟ (สถานีไฟฟ้าขับเคลื่อน) และขบวนรถ (rolling stock) เพื่อให้เกิดความสามารถในการทำงานร่วมกันได้ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน EN 50388 หรือมาตรฐานอื่นเทียบเท่า

7. การติดตั้ง

1) มาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งสำหรับการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่การไฟฟ้าท้องถิ่นกำหนด

2) การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับจ่ายไฟฟ้าต้องติดตั้งภายในพื้นที่ของเขตสายสัมผัสเหนือศีรษะและเขตรับกระแสไฟฟ้าทั้งหมด ทั้งกรณีการเดินรถปกติ และกรณีที่สายสัมผัสหรืออุปกรณ์รับไฟเกิดความชำรุดเสียหาย โดยอุปกรณ์ต้องไม่เกินพิกัดในระยะแนวนอนและแนวตั้งของระบบจ่ายไฟฟ้า เช่น การเคลื่อนที่ด้านข้างของแพนโทกราฟ หรือความสูงของแพนโทกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยค่าที่กำหนดให้พารามิเตอร์ X Y และ Z ควรกำหนดโดยผู้ออกแบบ ซึ่งมาตรฐาน EN 50122 ได้กำหนดค่าแนะนำสำหรับพารามิเตอร์ดังกล่าว เท่ากับ 4 เมตร 2 เมตร และ 2 เมตร ตามลำดับ



โดยที่

TOR ส่วนบนของราง

HP จุดสูงสุดของสายสัมผัสเหนือศีรษะ

OCLZ เขตสายสัมผัสเหนือศีรษะ

CCZ เขตรับกระแสไฟ

TCL เส้นแนวกลางของราง

X ความกว้างของพื้นที่ของสายสัมผัสเหนือศีรษะที่ความสูงของราง

Y ความกว้างของพื้นที่ของแพนโทกราฟ

Z ระยะระหว่าง HP และ S_H

S_1 ความกว้างของการเคลื่อนที่ด้านข้างของแพนโทกราฟ

S_2 ระยะความปลอดภัยด้านข้างสำหรับแพนโทกราฟที่ชำรุดหรือเสียหาย

S_3 ระยะความปลอดภัยแนวตั้งสำหรับแพนโทกราฟที่ชำรุดหรือเสียหาย

S_{el} ระยะห่างทางไฟฟ้าตามมาตรฐาน EN 50119

S_H ความสูงสุดของเขตรับกระแสไฟฟ้า

L_P ความกว้างแพนโทกราฟ

Hmax ความสูงของแพนโทกราฟ เมื่อยืดสูงสุด

รูปที่ 5 เขตสายสัมผัสเหนือศีรษะและเขตรับกระแสไฟฟ้า

(overhead contact line zone and current collector zone)

ที่มา: EN 50122-1:2011, Railway applications – Fixed installations – Electrical safety, earthing and the return circuit– Part 1: Protective provisions against electric shock

8. ความปลอดภัย

1) ต้องจัดเตรียมอุปกรณ์ป้องกัน เช่น ฉากกั้น อุปกรณ์ดับเพลิง เป็นต้น เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ขณะเกิดสถานการณ์ขัดข้องและป้องกันผู้คนจากอันตราย

2) ต้องติดตั้งฉากกั้นที่จำเป็นและป้ายประกาศ/ป้ายเตือนด้านความปลอดภัยเพื่อเตือนทั้งเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานและผู้ใช้บริการสาธารณะเกี่ยวกับอันตรายของอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง ทั้งระบบไฟฟ้าขับเคลื่อนและระบบไฟฟ้าเสริม รวมทั้งแจ้งเตือนเกี่ยวกับพื้นที่ที่จ่ายไฟฟ้าแล้วทั้งหมด

3) การทำงานของอุปกรณ์ระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะสำหรับพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุงจะต้องมีการทำงานอินเตอร์ล็อกกับสวิตซ์เกียร์ของระบบขับเคลื่อน เพื่อไม่ให้เกิดสถานการณ์ที่ไม่ปลอดภัย

9. การทดสอบและตรวจสอบก่อนการใช้งาน

ก่อนการใช้งานจะต้องมีแผนและผลการทดสอบการทำงานทั้งระบบ ได้แก่ การทดสอบการยอมรับจากโรงงาน (acceptance factory testing) การทดสอบก่อนการติดตั้ง (bench testing) การทดสอบการติดตั้ง (installation testing) การทดสอบระบบย่อย (sub-system testing) รวมถึงการเชื่อมต่อกับการไฟฟ้าท้องถิ่น การทดสอบการเชื่อมต่อระบบ (interface systems testing) การทดสอบสาธิตการบำรุงรักษา (demonstration maintenance testing) และการทดสอบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

10. การปฏิบัติงานและการบำรุงรักษา

1) บุคลากรด้านการบำรุงรักษาและควบคุมไฟฟ้าต้องผ่านการฝึกอบรมและได้รับการรับรองจากเจ้าของผลิตภัณฑ์ โดยมีการทบทวนการฝึกอบรมอย่างสม่ำเสมอ

2) ต้องมีแผนการบำรุงรักษาตามรอบที่ได้ผลจากการศึกษาความปลอดภัยระบบ (assurance system study) ของโครงการ

11. การทำงานร่วมกันได้

ระบบจ่ายไฟฟ้าสำหรับรถไฟฟ้าสายประธานที่เดินรถข้ามเขตประเทศจะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน EN 50388 หรือมาตรฐานอื่นเทียบเท่า

ภาคผนวก ก

ตารางที่ 1 แรงดันไฟฟ้าใช้งาน แรงดันไฟฟ้าที่ยอมรับได้ และแรงดันไฟฟ้า ณ ช่วงขณะหนึ่ง

ระบบจ่ายไฟฟ้า	**แรงดันไฟฟ้าต่ำสุด ณ ช่วงขณะหนึ่ง*** U_{min2} (V)	**แรงดันไฟฟ้าต่ำสุดที่ยอมรับได้** U_{min1} (V)	**แรงดันไฟฟ้าใช้งาน** U_n (V)	**แรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ยอมรับได้** U_{max1} (V)	**แรงดันไฟฟ้าสูงสุด ณ ช่วงขณะหนึ่ง*** U_{max2} (V)
กระแสตรง (DC) (ค่าเฉลี่ย)	400 500 1000 2000	400 500 1000 2000	600 750 1500 3000	720 900 1800 3600	800 1000 1950 3900
กระแสสลับ (AC) (ค่า r.m.s)	11000 17500	12000 19000	15000 25000	17250 27500	18000 29000

หมายเหตุ * การทำงานที่ระดับแรงดันไฟฟ้าระหว่าง $U_{max\ 1}$ ถึง U_{max2} จะต้องมีค่าไม่เกิน 5 นาที ระหว่างแรงดันในช่วง U_{min1} ถึง U_{min2} ต้องมีค่าไม่เกิน 2 นาที

ที่มา: EN 50163:2004, Railway applications —Supply voltages of traction systems