	แบบสอบถามและแบบติดตามการดำเนินงานตามมาตรฐาน มขร. - E - 002 - 2564 **มาตรฐานระบบการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Electrification System)**

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 - 002 - 2564 มาตรฐานระบบการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Electrification System) มาก่อนหรือไม่ (ถ้าทราบหรือเคยอ่าน โปรดระบุช่องทางการรับรู้ข้อมูล)	☐ ไม่ทราบ ☐ ทราบ (โปรดระบุช่องทาง) ....
2. ท่าน/หน่วยงานของท่าน มีการใช้ มขร. - E - 002 - 2564 มาตรฐานระบบการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Electrification System) ในการดำเนินงานของโครงการ ให้คำปรึกษา ออกแบบ จัดหา ติดตั้ง ทดสอบ ซ่อมบำรุง วิจัยและพัฒนาในด้านไฟฟ้าและอาณัติสัญญาณของระบบรางหรือใช้อ้างอิงหรือไม่ อย่างไรบ้าง	☐ ไม่มี ☐ มี (โปรดระบุ) ....
3. ท่าน/หน่วยงานของท่าน มีปัญหาหรืออุปสรรคในการนำ มขร. - E - 002 - 2564 มาตรฐานระบบการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Electrification System) ไปใช้ประกอบการดำเนินงานหรืออ้างอิงในโครงการ/งานที่ท่านรับผิดชอบอยู่หรือไม่ อย่างไรบ้าง	☐ ไม่มี ☐ มี (โปรดระบุ) ....

ประเด็น	ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
4. ท่าน/หน่วยงานของท่าน มีความเห็นว่ามาตรฐาน มขร. - E - 002 - 2564 มาตรฐานระบบการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Electrification System) ควรมีการปรับปรุงเนื้อหามาตรฐานในภาพรวมอย่างไรบ้าง***	....
5. มีบริษัทเอกชน/ผู้รับเหมา/มหาวิทยาลัย/หน่วยงานที่เกี่ยวข้องใดบ้างที่ท่าน/หน่วยงานของท่านว่าจ้างหรือร่วมมือ ในการให้คำปรึกษา ออกแบบ จัดหา ติดตั้ง ทดสอบ ซ่อมบำรุง วิจัยและพัฒนาในด้านไฟฟ้าและอาณัติสัญญาณของระบบราง ที่มีการนำ มขร. - E - 002 - 2564 มาตรฐานระบบการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Electrification System) ไปใช้ในการดำเนินการหรืออ้างอิง	☐ ไม่มี ☐ มี (โปรดระบุ) - ชื่อหน่วยงาน..... - รายละเอียดการดำเนินงานที่เกี่ยวข้อง..... ..... - ชื่อหน่วยงาน..... - รายละเอียดการดำเนินงานที่เกี่ยวข้อง..... ..... - ชื่อหน่วยงาน..... - รายละเอียดการดำเนินงานที่เกี่ยวข้อง..... ....

*** **หมายเหตุ** – ขอความอนุเคราะห์กรอกข้อมูลรายละเอียดหรือข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในส่วนที่ 2 แบบติดตามการดำเนินงานตามมาตรฐาน มขร. – E – 002 – 2564 ด้วย

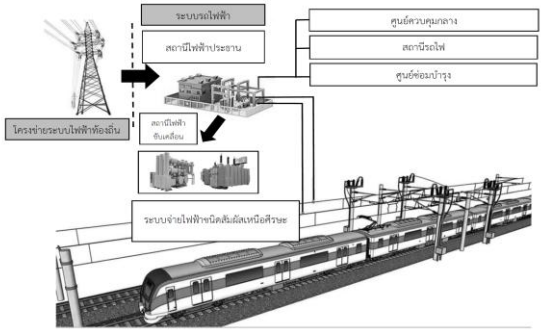
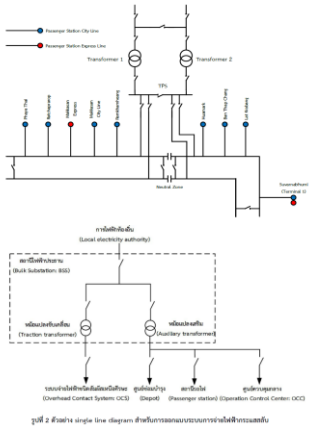
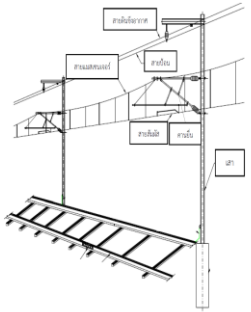
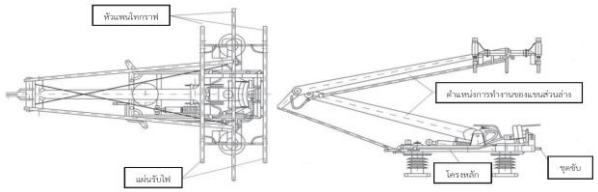
ประเด็น	ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
<u>ประเด็นสอบถามเพิ่มเติม</u>	
6. ท่าน/หน่วยงานของท่าน มีความต้องการให้กรมการขนส่งทางรางจัดทำมาตรฐานด้านไฟฟ้าและอาณัติสัญญาณของระบบรางอื่น ๆ อะไรบ้างในอนาคต	☐ ไม่มี ☐ มี (โปรดระบุ) ....
7. แบบสอบถามและแบบติดตามการดำเนินการตามมาตรฐาน มขร. ของกรมการขนส่งทางรางนี้ มีความเหมาะสมหรือไม่ อย่างไรบ้าง	....
8. ประเด็นอื่น ๆ	....

ส่วนที่ 2 แบบติดตามการดำเนินงานตามมาตรฐาน มขร. - E - 002 - 2564 มาตรฐานระบบการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Electrification System)

ข้อ		รายละเอียด	การดำเนินการ/การทดสอบ/ การกำหนดคุณลักษณะ/ การนำไปอ้างอิง ที่สอดคล้องกับมาตรฐานนี้	เอกสารอ้างอิง (ถ้ามี)	หมายเหตุ/ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
1		**บททั่วไป**			
		ระบบขับเคลื่อนสำหรับรถไฟมาจากพลังงานไฟฟ้า ซึ่งแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต้องสามารถ จ่ายไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง และมีพิกัดการจ่ายกำลังไฟฟ้าเพียงพอต่อความต้องการสำหรับระบบขับเคลื่อนดังกล่าว ในการเลือกใช้ระบบการจ่ายไฟฟ้าสำหรับรถไฟให้เหมาะสม จะช่วยให้ระบบขับเคลื่อนของรถไฟเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และหากมีการออกแบบระบบการจ่ายไฟฟ้าที่ดีจะช่วยลดปัญหาด้านคุณภาพไฟฟ้า เช่น ฮาร์มอนิกส์ แรงดันเกิน ความถี่ การแทรกสอดทางแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นต้น อีกทั้ง ระบบการจ่ายไฟฟ้ามี การออกแบบหลายรูปแบบและซับซ้อน 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			

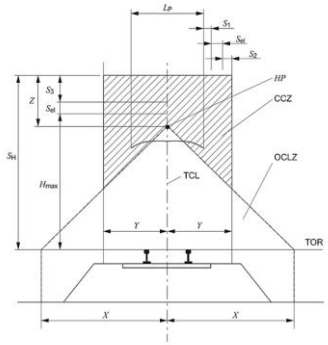
ข้อ		รายละเอียด	การดำเนินการ/การทดสอบ/ การกำหนดคุณลักษณะ/ การนำไปอ้างอิง ที่สอดคล้องกับมาตรฐานนี้	เอกสารอ้างอิง (ถ้ามี)	หมายเหตุ/ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
		7) EN 50122-1:2011, Railway applications – Fixed installations – Electrical safety, earthing and the return circuit– Part 1: Protective provisions against 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			

ข้อ		รายละเอียด	การดำเนินการ/การทดสอบ/ การกำหนดคุณลักษณะ/ การนำไปอ้างอิง ที่สอดคล้องกับมาตรฐานนี้	เอกสารอ้างอิง (ถ้ามี)	หมายเหตุ/ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
		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			

ข้อ		รายละเอียด	การดำเนินการ/การทดสอบ/ การกำหนดคุณลักษณะ/ การนำไปอ้างอิง ที่สอดคล้องกับมาตรฐานนี้	เอกสารอ้างอิง (ถ้ามี)	หมายเหตุ/ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
		 รูปที่ 1 ภาพรวมของระบบจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับรถไฟสายประธาน ที่มา: ประยุกต์ภาพจากเพจ : The Electric Railway System – เรียนรู้ระบบรถไฟฟ้า  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			

ข้อ		รายละเอียด	การดำเนินการ/การทดสอบ/ การกำหนดคุณลักษณะ/ การนำไปอ้างอิง ที่สอดคล้องกับมาตรฐานนี้	เอกสารอ้างอิง (ถ้ามี)	หมายเหตุ/ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
		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 และมีการตั้งค่ารีเลย์ให้ถูกต้อง ตามมาตรฐาน EN 50633 และมาตรฐานระบบไฟฟ้าของการเดินรถขนส่งทางราง การป้องกันและฉนวน ตามที่กรมการขนส่งทางรางกำหนด 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 มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (EIT Standard 2001-56) หรือมาตรฐานอื่นเทียบเท่า			
	8)	ระบบจ่ายไฟฟ้าจะต้องคำนึงถึงการป้องกันระบบอิเล็กทรอนิกส์และระบบไฟฟ้าที่มีความอ่อนไหวและเชื่อมโยงถึงกันต่อแรงดันไฟฟ้ารบกวน (noise voltage)			

ข้อ		รายละเอียด	การดำเนินการ/การทดสอบ/ การกำหนดคุณลักษณะ/ การนำไปอ้างอิง ที่สอดคล้องกับมาตรฐานนี้	เอกสารอ้างอิง (ถ้ามี)	หมายเหตุ/ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	9)	ระบบจ่ายไฟฟ้าจะต้องไม่ก่อให้เกิดปัญหาด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Compatibility: EMC) ระหว่างอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของระบบไฟฟ้าแรงดันสูง ตามมาตรฐาน 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 วัสดุควรเป็นอลูมิเนียมหรืออลูมิเนียมอัลลอย เพื่อความสะดวกในการบำรุงรักษาและป้องกันการผุกร่อน			
	4)	เสารองรับระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะต้องมีความมั่นคงแข็งแรง หากเป็นโครงสร้างที่ทำจากวัสดุเหล็กให้มีการป้องกันสนิม			
6		**ข้อกำหนดการทำงาน**			
	1)	ระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะสำหรับการขับเคลื่อนรถไฟและระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าเสริม สำหรับสถานีรถไฟ ศูนย์ซ่อมบำรุง และศูนย์ควบคุมกลาง ต้องได้รับการดูแลจากศูนย์ควบคุม โดยระบบเฝ้าระวังและควบคุมระยะไกล (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			

ข้อ		รายละเอียด	การดำเนินการ/การทดสอบ/ การกำหนดคุณลักษณะ/ การนำไปอ้างอิง ที่สอดคล้องกับมาตรฐานนี้	เอกสารอ้างอิง (ถ้ามี)	หมายเหตุ/ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
		 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)			
8		**ความปลอดภัย**			
	1)	ต้องจัดเตรียมอุปกรณ์ป้องกัน เช่น ฉากกั้น อุปกรณ์ดับเพลิง เป็นต้น เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ขณะเกิดสถานการณ์ขัดข้องและป้องกันผู้คนจากอันตราย			
	2)	ต้องติดตั้งฉากกั้นที่จำเป็นและป้ายประกาศ/ป้ายเตือนด้านความปลอดภัยเพื่อเตือนทั้งเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานและผู้ใช้บริการสาธารณะเกี่ยวกับอันตรายของอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง ทั้งระบบไฟฟ้าขับเคลื่อนและระบบไฟฟ้าเสริม รวมทั้งแจ้งเตือนเกี่ยวกับพื้นที่ที่จ่ายไฟฟ้าแล้วทั้งหมด			
	3)	การทำงานของอุปกรณ์ระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะสำหรับพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุงจะต้องมีการทำงานอินเตอร์ล็อกกับสวิตช์เกียร์ของระบบขับเคลื่อน เพื่อไม่ให้เกิดสถานการณ์ที่ไม่ปลอดภัย			
9		**การทดสอบและตรวจสอบก่อนการใช้งาน**			

<table>
<tr><th colspan="2">ข้อ</th><th>รายละเอียด</th><th>การดำเนินการ/การทดสอบ/
การกำหนดคุณลักษณะ/
การนำไปอ้างอิง
ที่สอดคล้องกับมาตรฐานนี้</th><th>เอกสารอ้างอิง
(ถ้ามี)</th><th>หมายเหตุ/
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td>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</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>10</td><td></td><td>การปฏิบัติงานและการบำรุงรักษา</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>1)</td><td>บุคลากรด้านการบำรุงรักษาและควบคุมไฟฟ้าต้องผ่านการฝึกอบรมและได้รับการรับรองจากเจ้าของผลิตภัณฑ์ โดยมีการทบทวนการฝึกอบรมอย่างสม่ำเสมอ</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>2)</td><td>ต้องมีแผนการบำรุงรักษาตามรอบที่ได้ผลจากการศึกษาความปลอดภัยระบบ (assurance system study) ของโครงการ</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>11</td><td></td><td>การทำงานร่วมกันได้</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>ระบบจ่ายไฟฟ้าสำหรับรถไฟฟ้าสายประธานที่เดินรถข้ามเขตประเทศจะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน EN 50388 หรือมาตรฐานอื่นเทียบเท่า</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>12</td><td></td><td>ภาคผนวก ก</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>ตารางที่ 1 แรงดันไฟฟ้าใช้งาน แรงดันไฟฟ้าที่ยอมรับได้ และแรงดันไฟฟ้า ณ ช่วงขณะหนึ่ง
<table>
<tr><th>ระบบจ่ายไฟฟ้า</th><th>แรงดันไฟฟ้าต่ำสุด ณ ช่วงขณะหนึ่ง*
U_{min2}
(V)</th><th>แรงดันไฟฟ้าต่ำสุดที่ยอมรับได้
U_{min1}
(V)</th><th>แรงดันไฟฟ้าใช้งาน
U_n
(V)</th><th>แรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ยอมรับได้
U_{max1}
(V)</th><th>แรงดันไฟฟ้าสูงสุด ณ ช่วงขณะหนึ่ง*
U_{max2}
(V)</th></tr>
<tr><td rowspan="4">กระแสตรง (DC)
(ค่าเฉลี่ย)</td><td>400</td><td>400</td><td>600</td><td>720</td><td>800</td></tr>
<tr><td>500</td><td>500</td><td>750</td><td>900</td><td>1000</td></tr>
<tr><td>1000</td><td>1000</td><td>1500</td><td>1800</td><td>1950</td></tr>
<tr><td>2000</td><td>2000</td><td>3000</td><td>3600</td><td>3900</td></tr>
<tr><td>กระแสสลับ (AC)
(ค่า r.m.s)</td><td>11000
17500</td><td>12000
19000</td><td>15000
25000</td><td>17250
27500</td><td>18000
29000</td></tr>
</table>
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</td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>