



กรมการขนส่งทางราง
Department of Rail Transport

มขร. – SC – 002 -2565

มาตรฐานระบบป้องกันเหตุอันตราย

ของขบวนรถโดยอัตโนมัติ สำหรับระบบ

อาณัติสัญญาณรถไฟแบบ ETCS Level 1

บนโครงข่ายรถไฟสายประธาน

AUTOMATIC TRAIN PROTECTION SYSTEM
for ETCS Level 1 MAINLINE TRAIN



กองมาตรฐานความปลอดภัยและบำรุงทาง



514/1 Lon Luang Road, Dusit,
Bangkok, Thailand 10300



<http://www.drt.go.th/>



Facebook/DRT.OfficialFanpage



มขร. - SC - 002 - 2565

มาตรฐานระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติ
สำหรับระบบอาณัติสัญญาณรถไฟแบบ ETCS Level 1 บนโครงข่ายรถไฟสายประธาน
(Automatic Train Protection System for ETCS Level 1 Mainline Train)

1. บททั่วไป

มาตรฐานระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติฉบับนี้ระบุถึงข้อกำหนดทั่วไป คุณสมบัติพื้นฐานและฟังก์ชันการทำงาน การเชื่อมต่อระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติกับระบบห้ามล้อฉุกเฉินของขบวนรถไฟ และอุปกรณ์ปลายทางของระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติ (ATP wayside) เพื่อใช้สำหรับการกำหนดคุณลักษณะของระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติที่ติดตั้งบนขบวนรถไฟ และ/หรือ หัวรถจักรที่จะนำมาใช้งานบนโครงข่ายรถไฟสายประธานในประเทศไทยที่ได้มีการใช้ระบบอาณัติสัญญาณรถไฟแบบ European Train Control System Level 1 (ETCS Level 1)

1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อใช้กำหนดคุณลักษณะและคุณสมบัติพื้นฐานของระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของระบบอาณัติสัญญาณบนขบวนรถไฟ สำหรับทำหน้าที่แจ้งข้อมูลความเร็วสูงสุดที่อนุญาตในการเคลื่อนที่ และขอบเขตที่อนุญาตให้รถไฟเคลื่อนที่ไปได้ (Movement Authority, MA) ให้กับพนักงานขับรถไฟผ่านทางจอแสดงผล (Driver Machine Interface, DMI) และป้องกันการใช้ความเร็วเกินกำหนด หรือความเร็วเกินกว่าที่ได้รับอนุญาต

1.2 ขอบข่าย

- มาตรฐานฉบับนี้ใช้สำหรับกำหนดคุณลักษณะของระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติที่ติดตั้งบนขบวนรถไฟ และ/หรือ ขบวนรถที่ใช้งานอยู่ก่อนแล้ว และ/หรือขบวนใหม่ที่ จะนำมาใช้งานบนโครงข่ายรถไฟสายประธานในประเทศไทยที่ได้มีการใช้ระบบอาณัติสัญญาณรถไฟแบบ ETCS Level 1
- มาตรฐานฉบับนี้ใช้สำหรับเป็นแนวทางในการออกแบบ และติดตั้งระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติ ให้สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ และมีความปลอดภัยสูงสุด



1.3 เอกสารอ้างอิง

- 1) EN 50126:2017 Railway Applications - The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS)
- 2) EN 50128:2011 Railway applications - Communication, signalling and processing systems - Software for railway control and protection systems
- 3) EN 50129:2018 Railway applications - Communication, signalling and processing systems - Safety related electronic systems for signalling
- 4) EN 50155:2021 Railway applications - Rolling stock - Electronic equipment
- 5) IEC 62236-1:2018 Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 1: General
- 6) IEC 62236-3-1:2018 Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 3-1: Rolling stock - Train and complete vehicle
- 7) IEC 61508:2010 CMV Commented version
- 8) UNISIG SUBSET-34:2015 Train Interface FIS
- 9) UNISIG SUBSET-36:2015 FFFIS for Eurobalise
- 10) UNISIG SUBSET-27:2016 FIS Juridical Recording

1.4 นิยาม

ระดับของระบบรักษาความปลอดภัย (Safety Integrity Level :SIL) หมายถึง ตัวเลขที่บอกถึงระดับความสามารถของระบบรักษาความปลอดภัยที่ใช้ป้องกันการดำเนินงานผิดพลาดของกระบวนการ รายละเอียดตาม ภาคผนวก ก

ระบบวัดคุมความปลอดภัย (Safety Instrumented System :SIS) หมายถึง เครื่องมือที่ประกอบไปด้วยชุดควบคุมฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ ทำหน้าที่ป้องกันการเกิดเหตุอันตรายที่ส่งผลกระทบต่อคน ทรัพย์สิน อุปกรณ์ และสิ่งแวดล้อม

อุปกรณ์อาณัติสัญญาณ (signalling equipment) หมายถึง อุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบอาณัติสัญญาณ



ระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติ (Automatic Train Protection : ATP) หมายถึง ระบบที่ควบคุมไม่ให้รถไฟใช้ความเร็วเกินกำหนด หากเกิดเหตุผิดปกติจะสั่งการห้ามล้อโดยอัตโนมัติ

ระบบควบคุมรถไฟตามมาตรฐานยุโรป (European Train Control System : ETCS) หมายถึง ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ซึ่งถูกออกแบบ พัฒนาและดำเนินการเพื่อที่จะทำให้หลักการของ ERTMS กลายเป็นระบบปฏิบัติการเดินรถ เทคโนโลยีของ ETCS มีระดับต่างกัน ซึ่งทำให้เกิดการทำงานร่วมกันในลักษณะต่างๆ ที่ส่งผลต่อความจุและสมรรถภาพของเส้นทางเดินรถ โดยแบ่งเป็น 4 Level ได้แก่ Level 0 1 2 และ 3

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

มาตรระยะทาง (odometer) หมายถึง อุปกรณ์ตรวจจับความเร็วที่เพลาล้อรถไฟ สำหรับใช้ในการคำนวณ เช่น ค่าความเร็ว ระยะทาง อัตราเร่ง และอัตราการลดความเร็ว

2. คุณสมบัติของระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติ

ระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติเป็นระบบความปลอดภัยที่ป้องกันการใช้ความเร็วเกินความเร็วที่กำหนดในแต่ละเส้นทาง โดยจะทำการเตือนเมื่อความเร็วเกินกำหนด และสั่งห้ามล้อฉุกเฉินเมื่ออยู่ในสถานะไม่ปลอดภัย รวมถึงเมื่อขบวนรถจะเคลื่อนที่ฝ่าสัญญาณห้าม โดยคุณสมบัติที่สำคัญของระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติ มีดังนี้

- 1) ป้องกันไม่ให้รถไฟใช้ความเร็วเกินกำหนด เพื่อมิให้เกิดอุบัติเหตุ
- 2) ควบคุมระยะห่างระหว่างขบวนรถให้อยู่ในระบะที่ปลอดภัย

ส่วนประกอบทั้งหมดในระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติต้องเป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ในมาตรฐาน ระดับของระบบรักษาความปลอดภัย (Safety Integrity Level :SIL) ระดับ 4



3. อุปกรณ์ระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติ

อุปกรณ์ที่สำคัญในระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติ มีอย่างน้อยดังนี้

- 1) อุปกรณ์อาณัติสัญญาณข้างทางรถไฟ (wayside signal)
- 2) อุปกรณ์ส่งสัญญาณไร้สายจากพื้นดิน (balise)
- 3) ชุดเสารับสัญญาณ (antenna unit) ติดตั้งบนขบวนรถสำหรับรับสัญญาณ โดยมีจำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุดต่อขบวน
- 4) มาตรระยะทาง (odometer) ของระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติ ประกอบด้วย อุปกรณ์ตรวจจับความเร็วที่ล้อรถไฟ และอุปกรณ์ตรวจจับความเร่ง จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ชุดต่อขบวน สำหรับใช้ในการคำนวณ เช่น ค่าความเร็ว ระยะทาง อัตราเร่ง และอัตราลดความเร็ว
- 5) คอมพิวเตอร์ควบคุม (onboard computer) สำหรับประมวลผลค่าสัญญาณของระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติ พร้อมมีระบบสำรองการทำงาน (standby redundancy) ในรูปแบบ hot standby
- 6) จอแสดงผล (Driver machine interface : DMI) สำหรับแสดงผลความเร็วปัจจุบัน และความเร็วที่กำหนดสำหรับพนักงานขับรถ กำหนดให้ใช้ DMI อ้างอิงตามมาตรฐาน ETCS Level 1 จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุดต่อขบวน
- 7) ระบบไฟสัญญาณและเสียงเตือนการใช้ความเร็วเกินกำหนด
- 8) อุปกรณ์ Juridical Recording Unit, JRU สำหรับใช้ในการบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติ สำหรับระบบอาณัติสัญญาณรถไฟแบบ ETCS Level 1 โดยกำหนดให้ใช้มาตรฐาน JRU อ้างอิงตามมาตรฐาน Subset-27 หรือมาตรฐานเทียบเท่า จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุดต่อขบวน

4. การทำงาน

ระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติควรมีการให้ข้อมูลแก่พนักงานขับรถไฟ อย่างน้อยประกอบด้วย

- 1) ระยะห่างของอุปกรณ์ให้สัญญาณบนทางวิ่งที่อยู่ถัดไป (supervised distance)



- 2) ระยะห่างของจุดหยุดขบวนรถ (stopping point distance)
- 3) ระยะทางที่สามารถหยุดขบวนรถได้อย่างปลอดภัย (safety distance)
- 4) ความเร็วสูงสุดที่กำหนด (maximum permitted speed)
- 5) ระยะทางที่จะถึงเขตจำกัดความเร็ว (distance to target)
- 6) ค่าความเร็วที่จำกัดไว้ (permitted speed)
- 7) ระยะทางที่ถูกจำกัดความเร็ว
- 8) ค่าความเร็วจำกัดทั้งหมดที่มีบนเส้นทาง
- 9) ความลาดชันของทางวิ่ง

5. ความปลอดภัย

ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยของระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติ ควรมีดังต่อไปนี้

- 1) อ่านค่าความเร็วของรถไฟ และระยะทางในการเคลื่อนที่ตลอดเวลาที่เดินรถ (real time monitoring)
- 2) ตรวจสอบและเปรียบเทียบความเร็วของรถไฟกับความเร็วที่กำหนด เพื่อให้รถไฟเคลื่อนที่ไปตามที่ระบบอาณัติสัญญาณที่กำหนดในแต่ละเส้นทาง
- 3) ส่งสัญญาณไฟและเสียงแจ้งเตือนพนักงานขับรถเมื่อมีการใช้ความเร็วเกินความเร็วที่กำหนด (permission speed) โดยระบบอาณัติสัญญาณ
- 4) ควบคุมให้ลดความเร็วเมื่อรถไฟเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเกินกำหนด โดยระบบห้ามล้ออัตโนมัติสั่งให้รถไฟห้ามล้อฉุกเฉิน และไฟแสดงสถานะการทำงานของระบบห้ามล้ออัตโนมัติที่จอแสดงผล
- 5) บันทึกเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้น และการเกิดอุบัติเหตุในระบบรถไฟ สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ความบกพร่อง



6. การปฏิบัติงาน

6.1 ระบบห้ามล้อ (braking system)

ระบบควบคุมอัตโนมัติจะส่งคำสั่งห้ามล้อปกติ (service brake) หรือห้ามล้อฉุกเฉิน (emergency brake) ในกรณีที่รถไฟเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่สูงกว่าความเร็วที่กำหนด ด้วยระยะทางที่กำหนด โดยความสามารถในการสั่งห้ามล้อฉุกเฉินของรถไฟ และการเชื่อมประสานห้ามล้อให้เป็นไปตามข้อกำหนด UNISIG SUBSET-34: 2015 FIS for train interface หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

6.2 ระบบควบคุมและติดตามตรวจสอบการทำงานของรถไฟ (train control and monitoring system)

- 1) ส่งสัญญาณไปยังระบบควบคุมรถไฟและระบบตรวจสอบข้อมูลความเร็วสำหรับเปรียบเทียบกับความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็ว
- 2) ส่งสัญญาณแจ้งเตือนพนักงานขับรถเมื่อมีการใช้ความเร็วเกินความเร็วที่กำหนด (permission speed) จากระบบอาณัติสัญญาณ
- 3) การส่งสัญญาณไปยังระบบควบคุมและตรวจสอบให้เป็นไปตามข้อกำหนด UNISIG SUBSET-34: 2015 FIS for train interface หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

6.3 อุปกรณ์อาณัติสัญญาณบนทางรถไฟ (trackside equipment)

รถไฟที่มีระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติต้องติดตั้งชุดเสารับสัญญาณ (antenna) สำหรับอ่านข้อมูลและสถานะทางวิ่งจากบาลีส (balise) ด้วยรูปแบบการสื่อสารตามข้อกำหนด UNISIG SUBSET-36: 2015 FFIS for Eurobalise หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

6.4 อุปกรณ์อาณัติสัญญาณบนขบวนรถ (onboard signalling)

ระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติควรสื่อสารกับอุปกรณ์อาณัติสัญญาณบนขบวนรถ ด้วยรูปแบบการสื่อสารที่กำหนดโดยผู้ผลิตเพื่อรับความเร็วที่กำหนดอนุญาตเคลื่อนที่ในแต่ละเส้นทาง

6.5 จอแสดงผล (Driver Machine Interface : DMI)

กำหนดให้ระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติมีหน้าจอสถานะความเร็วรถ ปัจจุบัน ความเร็วที่กำหนด ระยะทางที่เคลื่อนที่ และมีไฟและเสียงเตือนความเร็วเกินกำหนดแสดงให้พนักงานขับรถทราบ



6.6 การบันทึกเหตุการณ์ (event recording)

ระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติจะต้องมีระบบบันทึกความผิดปกติ และ/หรือ การขัดข้องของระบบ และเหตุการณ์สำคัญต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงานสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ ความบกพร่อง และอุบัติเหตุ ในระบบรถไฟ โดยระบบการบันทึกและการนำเสนอข้อมูลที่บันทึกเหตุการณ์ ในระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติให้เป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ใน UNISIG SUBSET-27: 2016 FFFIS Juridical recorder – downloading tool หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

7. ความน่าเชื่อถือ ความพร้อมใช้ ความสามารถในการซ่อมบำรุง และความปลอดภัยของระบบ (Reliability, Availability, Maintainability and Safety: RAMS)

ระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติกำหนดให้ต้องมีการพิจารณา ความน่าเชื่อถือ ความพร้อมใช้ ความสามารถในการซ่อมบำรุง และความปลอดภัยของระบบตามมาตรฐาน EN 50126:2017 The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

ด้านความเข้ากันได้ทางสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

การป้องกันการรบกวนทางด้านสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติที่ติดตั้งบนขบวนรถไฟให้เป็นไปตามมาตรฐาน IEC62236-1:2018 Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 1: General และ IEC 62236-3-1:2018 Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 3-1: Rolling stock - Train and complete vehicle หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

8. การติดตั้ง

การติดตั้งระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติให้เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้ผลิต การเชื่อมประสานระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติกับขบวนรถและระบบอื่น ๆ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดหัวข้อที่ 6 การปฏิบัติงาน และข้อที่ 7 ความน่าเชื่อถือ ความพร้อมใช้ ความสามารถในการซ่อมบำรุง และความปลอดภัยของระบบ (Reliability, Availability, Maintainability and Safety: RAMS)



การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ ATP การเชื่อมต่อประเภทต่างๆ รวมถึงวัสดุอุปกรณ์ กำหนดให้เป็นไปตามมาตรฐาน EN50155:2021 Railway applications - Rolling stock - Electronic equipment หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

9. การทดสอบเพื่อส่งมอบงาน

การทดสอบระบบป้องกันเหตุอันตรายของขบวนรถโดยอัตโนมัติให้เป็นไปตามข้อกำหนดการทดสอบ การทำงานของผู้ผลิต และให้เป็นไปตามข้อกำหนดหัวข้อที่ 6 การปฏิบัติงาน และ ข้อที่ 7 ความน่าเชื่อถือ ความพร้อมใช้ ความสามารถในการซ่อมบำรุง และความปลอดภัยของระบบ (Reliability, Availability, Maintainability and Safety: RAMS) หรือเทียบเท่ามาตรฐาน EN 50126:2017 Railway Applications - The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) พร้อมทั้งจัดให้มีวิศวกรอิสระ (Independent certification engineer : ICE) ที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับระบบ ATP ดำเนินการตรวจสอบและรับรองความปลอดภัยของระบบ ซึ่งควรมีการทดสอบอย่างน้อย ดังนี้

- 1) การตรวจสอบทั่วไปหลังการติดตั้ง
- 2) การทดสอบแบบ static test
- 3) การทดสอบแบบ dynamic test
- 4) การทดสอบแบบ integrate test
- 5) การทดสอบการเดินรถเสมือนจริง trial running



ภาคผนวก ก

ระดับของระบบรักษาความปลอดภัย (SIL) ของระบบรักษาความปลอดภัยด้วยเครื่องมือวัด (SIS) ถูกกำหนดโดยปัจจัยการลดความเสี่ยง (RRF) ที่ SIS ให้ไว้สำหรับอุปกรณ์ภายใต้การควบคุม (EUC) ซึ่ง SIS จะป้องกันความเสี่ยงทั้งหมดที่จะเกิดขึ้นและเป็นตัวชี้วัดความเป็นไปได้ที่จะเกิดความผิดพลาดของ SIS แนวคิด SIL เป็นผลโดยตรงจากมาตรฐาน IEC 61508 ซึ่งไม่ใช่เฉพาะทางรถไฟ สำหรับอุตสาหกรรมระบบราง CENELEC ได้พัฒนามาตรฐาน EN 50126, EN 50128 และ EN 50129 ซึ่งมาจาก IEC 61508 เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดเฉพาะทางรถไฟ

"SIL 4" การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน

"SIL 3" การคุ้มครองมนุษย์

"SIL 2" การคุ้มครองความเป็นเจ้าของและการผลิต การป้องกันผลกระทบต่อมนุษย์

"SIL 1" การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 1 แสดงค่าระดับ PFD และ PFH

ระดับ	โหมตความต้องการต่ำ: ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดตาม ความต้องการ (PFD)	โหมตความต้องการสูง: ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดต่อ ชั่วโมง (PFH)
SIL 4	10^{-5} ถึง 10^{-4}	10^{-9} ถึง 10^{-8}
SIL 3	10^{-4} ถึง 10^{-3}	10^{-8} ถึง 10^{-7}
SIL 2	10^{-3} ถึง 10^{-2}	10^{-7} ถึง 10^{-6}
SIL 1	10^{-2} ถึง 10^{-1}	10^{-6} ถึง 10^{-5}