
(ร่าง) มาตรฐานการทดสอบความเข้ากันได้ทาง
แม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับรถขนส่งทางรางที่ใช้
พลังงานขับเคลื่อนจากแบตเตอรี่

สารบัญ

	หน้า
1. บทนำ	1
1.1 ขอบข่าย	1
2. มาตรฐานอ้างอิง	1
3. นิยาม	4
4. อุปกรณ์และเครื่องมือ	6
5. การเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์และเครื่องมือ	7
6. การเปรียบเทียบความถูกต้องและการตั้งค่าการตรวจวัดของเครื่องมือวัด	7
6.1 เปรียบเทียบความถูกต้องของเครื่องมือวัด	7
6.2 ตั้งค่าการตรวจวัดของเครื่องมือวัด	7
6.3 ตั้งค่าการชักตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจวัด	8
7. คุณสมบัติการทดสอบ	8
7.1 ทั่วไป	8
7.2 ระดับขบวนรถไฟ (vehicle level)	9
7.3 ระดับอุปกรณ์ (onboard equipment level)	9
8. การตรวจผลการวัดคุณสมบัติ	10
9. การคำนวณผลการตรวจวัด	10
10. การจัดทำรายงานผล และสรุปผล	11
10.1 การรายงานค่าที่ได้จากการทดสอบ	11
10.2 การสรุปผล	11
10.3 เกณฑ์การยอมรับ	11
11. เอกสารอ้างอิง	15
ภาคผนวก ก การทดสอบการปล่อยสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic emission) ก - 1	
ภาคผนวก ข การทดสอบการได้รับสนามแม่เหล็ก (magnetic field exposure) ข - 1	
ภาคผนวก ค การรบกวนจากสัญญาณที่แผ่ออก (radiated disturbance) ค - 1	
ภาคผนวก ง การรบกวนจากสัญญาณที่นำตามสาย (conducted disturbance) ง - 1	
ภาคผนวก จ ภูมิคุ้มกันการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (electrostatic discharge: ESD) จ - 1	
ภาคผนวก ฉ ภูมิคุ้มกันสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่วิทยุที่แผ่กระจาย (RF radiated immunity) ฉ - 1	
ภาคผนวก ช ภูมิคุ้มกันภาวะชั่วครู่อย่างรวดเร็วทางไฟฟ้า (electrical fast transient: EFT/burst) ช - 1	
ภาคผนวก ซ ภูมิคุ้มกันเสิร์จ (surge voltage) ซ - 1	

ภาคผนวก ณ ภูมิคุ้มกันต่อสัญญาณรบกวนที่นำตามสายซึ่งเหนี่ยวนำโดยสนามความถี่วิทยุ (RF conducted immunity)

ณ - 1

1. บทนำ

ระบบขับเคลื่อนตัวรถไฟมีการติดตั้งอุปกรณ์ขับเคลื่อนและจ่ายกำลังไฟฟ้าแรงสูงซึ่งทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พลังงานต่ำอื่น ๆ จำนวนมาก ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าจึงกลายเป็นประเด็นสำคัญสำหรับการออกแบบทั้งอุปกรณ์และรถไฟโดยรวม

ด้วยเหตุนี้ จึงได้จัดทำมาตรฐานการทดสอบความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับรถขนส่งทางรางที่ใช้พลังงานขับเคลื่อนจากแบตเตอรี่ ซึ่งได้อ้างอิงจากมาตรฐานสากล โดยคำนึงถึงความเหมาะสมในการนำมาใช้ในประเทศไทย รวมถึงมาตรฐานของประเทศไทยที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างถูกต้องโดยไม่รบกวนการทำงานของอุปกรณ์อื่นผ่านการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้า และเพิ่มความน่าเชื่อถือ ทั้งนี้การออกแบบและติดตั้งระบบที่มีความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างถูกต้อง ทำให้รถขนส่งทางรางที่ใช้พลังงานขับเคลื่อนจากแบตเตอรี่ทำงานได้อย่างราบรื่นและปลอดภัย

1.1 ขอบข่าย

- 1.1.1 มาตรฐานฉบับนี้ใช้สำหรับกำหนดขีดจำกัดสำหรับการปล่อยสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าและเกณฑ์การยอมรับสภาพการทำงานของอุปกรณ์ที่เหมาะสมภายใต้สภาพแวดล้อมแม่เหล็กไฟฟ้า
- 1.1.2 มาตรฐานนี้ครอบคลุมถึงข้อกำหนดการทดสอบการปล่อยสัญญาณรบกวนและภูมิคุ้มกันทางสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับรถขนส่งทางรางที่ใช้พลังงานขับเคลื่อนจากแบตเตอรี่ สำหรับใช้งานในเมืองและระหว่างเมือง
- 1.1.3 มาตรฐานนี้ครอบคลุมถึงอินเตอร์เฟซกับอินพุตและเอาต์พุตของพลังงาน เช่น หน่วยเชื่อมต่อ (connector) สำหรับป้อนกระแสสลับหรือกระแสตรง
- 1.1.4 การปฏิบัติตามมาตรฐานฉบับนี้ไม่ได้เป็นการรองรับความปลอดภัย โดยความปลอดภัยจากการใช้มาตรฐานฉบับนี้เป็นความรับผิดชอบของผู้ใช้มาตรฐาน

2. มาตรฐานอ้างอิง

- 2.1 EN 50155, Railway applications - Rolling stock - Electronic equipment
- 2.2 EN 50121-1, Railway applications - Electromagnetic compatibility Part 1: General requirement
- 2.3 EN 50121-2, Railway applications - Electromagnetic compatibility Part 2: Emission of the whole railway system to the outside world
- 2.4 EN 50121-3-2, Railway applications - Electromagnetic compatibility Part 3-2: Rolling stock – Apparatus
- 2.5 EN 50121-4 Railway applications - Electromagnetic compatibility Part 4: Emission and immunity of the signalling and telecommunications apparatus

- 2.6 EN 50121-5 Railway applications - Electromagnetic compatibility Part 5: Emission and immunity of fixed power supply installations and apparatus
- 2.7 EN 55011 Industrial, scientific and medical equipment - Radio-frequency disturbance characteristics - Limits and methods of measurement
- 2.8 IEC 61000-6-1 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-1: Generic standards - Immunity standard for residential, commercial and light-industrial environments
- 2.9 IEC 61000-6-2 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-2: Generic standards - Immunity standard for industrial environments
- 2.10 IEC 61000-6-3 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-3: Generic standards - Emission standard for equipment in residential environments
- 2.11 IEC 61000-6-4 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-4: Generic standards - Emission standard for industrial environments
- 2.12 IEC 61000-4-2 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-2: Testing and measurement techniques - Electrostatic discharge immunity test
- 2.13 IEC 61000-4-3 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-3: Testing and measurement techniques - Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test
- 2.14 IEC 61000-4-4 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-4: Testing and measurement techniques - Electrical fast transient/burst immunity test
- 2.15 IEC 61000-4-5 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-5: Testing and measurement techniques - Surge immunity test
- 2.16 IEC 61000-4-6 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-6: Testing and measurement techniques - Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields
- 2.17 CISPR 16-1-1 Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Measuring apparatus

- 2.18 CISPR 16-1-2 Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Coupling devices for conducted disturbance measurements
- 2.19 CISPR 16-1-4 Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Antennas and test sites for radiated disturbance measurements
- 2.20 EN 50500 Measurement procedures of magnetic field levels generated by electronic and electrical apparatus in the railway environment with respect to human exposure
- 2.21 EN 50500/A1 Measurement procedures of magnetic field levels generated by electronic and electrical apparatus in the railway environment with respect to human exposure
- 2.22 มอก.1452 ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า เล่ม 4 เทคนิคการทดสอบและการวัด ส่วนที่ 2 การทดสอบภูมิคุ้มกันการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต
- 2.23 มอก.1453 ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า เล่ม 4 เทคนิคการทดสอบและการวัด ส่วนที่ 3 การทดสอบภูมิคุ้มกันสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่วิทยุที่แผ่กระจาย
- 2.24 มอก.1454 ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า เล่ม 4 เทคนิคการทดสอบและการวัด ส่วนที่ 4 การทดสอบภูมิคุ้มกันภาวะชั่วคราวอย่างรวดเร็วทางไฟฟ้า
- 2.25 มอก.1455 ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า เล่ม 4 เทคนิคการทดสอบและการวัด ส่วนที่ 5 การทดสอบภูมิคุ้มกันเสิร์จ
- 2.26 มอก.2394 ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า เล่ม 4-6 เทคนิคการทดสอบและการวัด-ภูมิคุ้มกันต่อสัญญาณรบกวนที่นำตามสายซึ่งเหนี่ยวนำโดยสนามความถี่วิทยุ
- 2.27 มอก.61000 เล่ม 6(1) ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMC) - เล่ม 6(1) มาตรฐานทั่วไป - มาตรฐานภูมิคุ้มกันสำหรับสภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัย สภาพแวดล้อมเชิงพาณิชย์ และสภาพแวดล้อมอุตสาหกรรมเบา
- 2.28 มอก.61000 เล่ม 6(2) ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMC) - เล่ม 6(2) มาตรฐานทั่วไป - มาตรฐานภูมิคุ้มกันสำหรับสภาพแวดล้อมอุตสาหกรรม
- 2.29 มอก.61000 เล่ม 6(4) ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMC) - เล่ม 6(4) มาตรฐานทั่วไป - มาตรฐานการปล่อยสัญญาณรบกวนสำหรับสภาพแวดล้อมอุตสาหกรรม

มาตรฐานอ้างอิงในมาตรฐานฉบับนี้ให้ใช้ฉบับล่าสุด แต่ทั้งนี้ต้องไม่ขัดแย้งกับมาตรฐานฉบับนี้

3. นิยาม

“การสอบเทียบ” (calibration) หมายถึง การปฏิบัติการเปรียบเทียบผลการวัดของเครื่องมือวัดที่ไม่รู้ค่าความถูกต้องกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์มาตรฐานที่รู้ค่าความถูกต้องเพื่อหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างกันและรายงานผล มีการควบคุมสถานะแวดล้อมให้เหมาะสมกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดแต่ละรายการกระทำโดยเจ้าหน้าที่ภายในหรือภายนอกของห้องปฏิบัติการ ที่มีความรู้ ประสบการณ์ และผ่านการอบรมที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดแต่ละรายการ

“การปรับเทียบ” (adjusting calibration) หมายถึง การปรับแต่งเครื่องมือวัด ในกรณีที่ผลการตรวจวัดผิดไปจากเกณฑ์การยอมรับที่กำหนดเพื่อสามารถรับประกันความน่าเชื่อถือของเครื่องมือวัดได้จากการปรับเทียบตามมาตรฐานการวัด

“การสอบกลับได้ของเครื่องมือ” (traceability) หมายถึง การสอบเทียบเครื่องมือวัดอย่างต่อเนื่องจากเครื่องมือวัดของผู้ใช้งานย้อนกลับไปยังมาตรฐานที่ยอมรับ ซึ่งเป็นมาตรฐานระหว่างประเทศหรือมาตรฐานแห่งชาติ รวมถึงค่าในแต่ละขั้นตอนของความไม่แน่นอนของการวัดที่สามารถสอบกลับได้ จะต้องคำนวณตามวิธีที่กำหนดและรายงานค่า เพื่อให้สามารถคำนวณความไม่แน่นอนรวมของทุกขั้นตอนได้

“การปล่อยสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้า” (electromagnetic emission) หมายถึง การปล่อยสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนโดยการแผ่กระจายคลื่นทางอากาศและทางสายเคเบิล

“การรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า” (electromagnetic interference - EMI) หมายถึง การรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนโดยการแผ่กระจายคลื่นมาทางอากาศและทางสายเคเบิล

“การคายประจุไฟฟ้าสถิต” (electrostatic discharge) หมายถึง การถ่ายโอนประจุไฟฟ้าระหว่างวัตถุที่มีศักย์ไฟฟ้าสถิตต่างกันในบริเวณใกล้เคียงหรือผ่านการสัมผัสโดยตรง

“กล่องอุปกรณ์” (enclosure) หมายถึง ขอบเขตทางกายภาพของอุปกรณ์ที่สนามแม่เหล็กไฟฟ้าอาจแผ่กระจายออกหรือรับเข้า

“ขบวนรถไฟ” (train) หมายถึง กลุ่มของรถลากที่ต่อกันเป็นแถวโดยขับเคลื่อนโดยหัวรถจักรไปตามรางหรือรถไฟที่ขับเคลื่อนด้วยตัวเองโดยใช้พลังงานไฟฟ้า

“ค่ายอด” (peak) หมายถึง แอมพลิจูดหรือค่าสูงสุดของสัญญาณรบกวน บ่งชี้ถึงสถานการณ์ที่แย่ที่สุด

“ค่าเฉลี่ย” (average) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของแอมพลิจูดของสัญญาณรบกวนในแต่ละช่วงเวลาที่ทำซ้ำ

“ค่ายอดเสมือน” (quasi-peak) หมายถึง ค่าน้ำหนักของสัญญาณรบกวนที่สัมพันธ์กับอัตราการทำซ้ำ หากอัตราการทำซ้ำเร็วขึ้นค่าน้ำหนักที่ให้กับองค์ประกอบของสัญญาณรบกวนส่วนนั้นจะมากขึ้น

“โครงข่ายสร้างเสถียรภาพอิมพีแดนซ์” (line impedance stabilization network – LISN หรือ artificial main network – AMN) หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าทางสายตัวนำที่เกิดจากตัวอย่างทดสอบเพื่อให้การวัดมีความแม่นยำและสามารถทำซ้ำได้ โดยต่ออยู่ระหว่างแหล่งจ่ายไฟและตัวอย่างทดสอบ

“ความถี่วิทยุ” (radio frequency - RF) หมายถึง ความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการส่งวิทยุและโทรทัศน์ ขนาดต่ำสุดตั้งแต่ 10 ถึง 30 kHz ขนาดสูงสุดตั้งแต่ 30,000 ถึง 300,000 MHz

“ตัวอย่างทดสอบ” (equipment under test – EUT) หมายถึง ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบซึ่งต้องเป็นตัวแทนของอุปกรณ์ที่ติดตั้งหรือเป็นอุปกรณ์จริงซึ่งพร้อมส่งมอบ

“บริภัณฑ์ช่วย” (auxiliary equipment – AE) หมายถึง ระบบย่อยหรือส่วนประกอบย่อยที่ใช้สนับสนุนการทดสอบร่วมกับ EUT ทำหน้าที่เสมือนกำลังไฟฟ้าอินพุต สัญญาณอินพุต เอาต์พุต หรือโหลด

“พอร์ต” (port) หมายถึง อินเทอร์เฟซระหว่างอุปกรณ์บนรถไฟกับภายนอก ประกอบด้วย enclosure, auxiliary AC/DC power, battery power supply, signal & communication, process measurement & control

“ภูมิคุ้มกันทางแม่เหล็กไฟฟ้า” (electromagnetic immunity) หมายถึง ความสามารถของอุปกรณ์ในการทำงานภายใต้สภาวะการรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนโดยการแผ่กระจายคลื่นมาทางอากาศและทางสายเคเบิล

“ระนาบกราวด์อ้างอิง” (ground reference plane – GRP) หมายถึง แผ่นโลหะหรือพื้นผิวนำไฟฟ้าวางบนพื้นห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยมีศักย์ไฟฟ้าถูกใช้ในการอ้างอิง

“สนามไฟฟ้า” (electric field – E field) หมายถึง บริเวณที่มีอำนาจไฟฟ้าหรือบริเวณที่มีเส้นแรงไฟฟ้าผ่าน

“สนามแม่เหล็ก” (magnetic field – H field) หมายถึง บริเวณที่มีอำนาจแม่เหล็กหรือบริเวณที่มีเส้นแรงแม่เหล็กผ่าน

“สัญญาณรบกวนรอบข้าง” (ambient noise, background noise) หมายถึง คลื่นรบกวนจากสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นระหว่างการบันทึกเสียงหรือการสื่อสาร เช่น เสียงลม เสียงรถยนต์ เสียงพูดคุย ซึ่งทำให้คุณภาพของสัญญาณหลักลดลง

“อุปกรณ์บนรถไฟ” (rolling stock apparatus) หมายถึง ผลิตภัณฑ์พร้อมใช้งานที่มีฟังก์ชันออกแบบสำหรับนำไปใช้ในการติดตั้งรถไฟ



(ที่มา: ดัดแปลงจากมาตรฐาน EN 50121-3-2:2017)

4. อุปกรณ์และเครื่องมือ

- (1) สายอากาศ (antenna)
 - (1.1) สายอากาศวัดสนามไฟฟ้า (electric field antenna)
 - (1.2) สายอากาศวัดสนามแม่เหล็ก (magnetic field loop)
- (2) เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม (signal/spectrum analyzer)
- (3) เครื่องรับการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI receiver)
- (4) เครื่องวัดสนามแม่เหล็กสถิต (static magnetic field meter)
- (5) เครื่องวัดสนามแม่เหล็กกระแสสลับ (A.C. magnetic field meter)
- (6) โครงข่ายสร้างเสถียรภาพอิมพีแดนซ์ (line impedance stabilization network – LISN หรือ artificial main network – AMN)
- (7) เครื่องทดสอบไฟฟ้าสถิต (electrostatic discharge test generator)
- (8) เครื่องทดสอบการระเบิดอย่างรวดเร็วด้วยไฟฟ้า (electrical fast transient/ burst (EFT/B) test generator)
- (9) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าคลื่นรวม/เสิร์จ (combination wave/surge generator)
- (10) เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ (radio frequency generator)
- (11) แคลมป์ชนิดอินเจกชันกระแสไฟฟ้า (current injection clamp)
- (12) แคลมป์ชนิดแม่เหล็กไฟฟ้า (EM clamp)
- (13) แคลมป์ชนิดคาปาซิทีฟคัปปลิง (capacitive coupling clamp – CCL)
- (14) เครือข่ายการแยกคัปปลิง (coupling/decoupling network – CDN)
- (15) สายส่งสัญญาณความถี่สูง (transmission line)
- (16) ห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (anechoic chamber)
- (17) ห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบบกึ่งไร้คลื่นสะท้อน (semi-anechoic chamber)

5. การเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์และเครื่องมือ

- (1) ต้องเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือให้พร้อมก่อนเริ่มการทดสอบ โดยให้ปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิตเครื่องมือวัดและอุปกรณ์อย่างเคร่งครัด รวมถึงเครื่องมือวัดที่ต้องใช้ร่วมกับเครื่องทดสอบที่จะต้องมีการสอบเทียบอยู่เสมอ
- (2) การเตรียมความพร้อมของเครื่องมือวัดให้สอดคล้องตามมาตรฐาน CISPR 16-1-1 ซึ่งได้กำหนดลักษณะเฉพาะและสมรรถนะของเครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้ารบกวนวิทยุ กระแสไฟฟ้ารบกวนวิทยุ และสนามรบกวนวิทยุ ในช่วงความถี่ 9 kHz ถึง 18 GHz
- (3) การเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์คัปปลิ่งให้สอดคล้องตามมาตรฐาน CISPR 16-1-2 ซึ่งได้กำหนดลักษณะเฉพาะสำหรับเครือข่ายการแยกคัปปลิ่ง โพรบกระแส โพรบแรงดัน และหน่วยเชื่อมต่อสำหรับป้อนกระแสเข้าสายเคเบิล
- (4) การเตรียมความพร้อมของสายอากาศให้สอดคล้องตามมาตรฐาน CISPR 16-1-4 2 ซึ่งได้กำหนดลักษณะเฉพาะและข้อกำหนดของสายอากาศ สถานที่ทดสอบ และห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

6. การเปรียบเทียบความถูกต้องและการตั้งค่าการตรวจวัดของเครื่องมือวัด

6.1 เปรียบเทียบความถูกต้องของเครื่องมือวัด

อุปกรณ์และซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการทดสอบ การสอบเทียบ และการชักตัวอย่างจะต้องสามารถแสดงได้ถึงความแม่นยำในระดับที่จำเป็นและต้องเป็นไปตามข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบและ/หรือการสอบเทียบที่เกี่ยวข้อง โปรแกรมการสอบเทียบจะถูกกำหนดขึ้นสำหรับเครื่องมือวัดหลักซึ่งจะมีผลอย่างมากต่อผลการวัด ก่อนนำไปใช้งาน อุปกรณ์จะต้องถูกสอบเทียบหรือตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าตรงตามข้อกำหนดของห้องปฏิบัติการและสอดคล้องกับข้อกำหนดตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

ใบรับรองการสอบเทียบจะต้องมีการระบุข้อมูลผลการสอบเทียบดังนี้

- (1) เงื่อนไขที่ทำการสอบเทียบที่มีอิทธิพลต่อผลการวัด เช่น สิ่งแวดล้อม (อุณหภูมิ ความเร็วลม ความชื้น)
- (2) ความไม่แน่นอนของการวัด

6.2 ตั้งค่าการตรวจวัดของเครื่องมือวัด

ทำการปรับตั้งช่วงการใช้งานของเครื่องมือวัดให้มีความเหมาะสมกับการทดสอบ ซึ่งข้อมูลเพิ่มเติมอาจจะดูได้จากเอกสารของผู้ผลิตเครื่องมือวัด โดยการตั้งค่าเครื่องมือวัดควรจะครอบคลุมเรื่องการเชื่อมต่อเครื่องมือวัดและเครื่องวิเคราะห์อย่างถูกต้องเพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่ถูกต้องและเชื่อถือได้

สำหรับการใช้งานของเครื่องมือวัดจะสอดคล้องกับย่านความถี่และช่วงความถี่โดยมีการกำหนดตามมาตรฐานดังนี้

ย่านความถี่ Band A ครอบคลุมช่วงความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 9 kHz ถึง 150 kHz

ย่านความถี่ Band B ครอบคลุมช่วงความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 150 kHz ถึง 30 MHz

ย่านความถี่ Band C ครอบคลุมช่วงความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 30 MHz ถึง 300 MHz

ย่านความถี่ Band D ครอบคลุมช่วงความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 300 MHz ถึง 1 GHz

6.3 ตั้งค่าการชั้ตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจวัด

ห้องปฏิบัติการทดสอบต้องมีแผนการชั้ตัวอย่างและขั้นตอนการชั้ตัวอย่างเมื่อทำการชั้ตัวอย่างของตัวอย่างที่ทดสอบหรือสอบเทียบ แผนการชั้ตัวอย่างจะต้องยึดตามวิธีการทางสถิติที่เหมาะสม กระบวนการชั้ตัวอย่างจะต้องระบุปัจจัยที่ต้องควบคุมเพื่อให้แน่ใจว่าผลการทดสอบและการสอบเทียบมีความถูกต้อง

ในกรณีที่ต้องการหาค่าการเบี่ยงเบน เพิ่มเติม หรือยกเว้นจากขั้นตอนการชั้ตัวอย่างที่เป็นเอกสาร จะต้องบันทึกรายละเอียดเหล่านี้พร้อมข้อมูลการชั้ตัวอย่างที่เหมาะสม และจะต้องรวมอยู่ในเอกสารทั้งหมดที่มีผลการทดสอบและ/หรือผลการสอบเทียบ และจะต้องแจ้งให้บุคลากรที่เกี่ยวข้องทราบ

ห้องปฏิบัติการทดสอบต้องมีขั้นตอนการบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องและการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการชั้ตัวอย่างซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการทดสอบหรือการสอบเทียบ ข้อมูลที่ถูกบันทึกเหล่านี้จะต้องรวมขั้นตอนการชั้ตัวอย่างที่ใช้ การระบุตัวอย่างที่ทดสอบ สภาพแวดล้อม และแผนผังแสดงสถานที่

ทั้งนี้ การปรับตั้งค่าการชั้ตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับแต่ละการทดสอบโดยให้สามารถแสดงให้เห็นถึงผลการทดสอบที่เป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับ

7. คุณสมบัติการทดสอบ

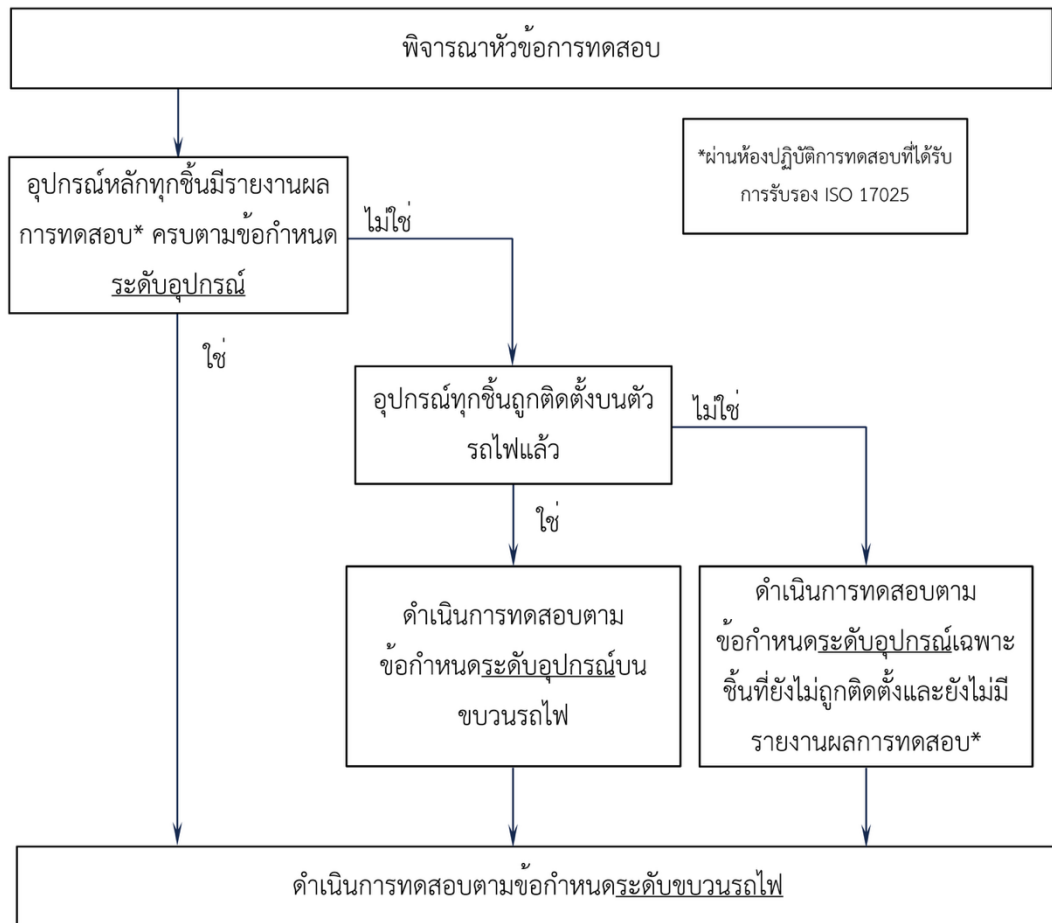
7.1 ทัวไป

การใช้มาตรฐานฉบับนี้ในการทดสอบและประเมินผลให้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

7.1.1 ผู้ผลิตเตรียมเอกสารที่สอดคล้องกับระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ แบบวงจรทางไฟฟ้า และคุณลักษณะทางไฟฟ้าของอุปกรณ์หลักของรถไฟฟรอนส่งทางรางที่ใช้พลังงานขับเคลื่อนจากแบตเตอรี่

7.1.2 ผู้ผลิตเตรียมรายงานการทดสอบที่เกี่ยวข้องด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าของอุปกรณ์หลัก

7.1.3 พิจารณาหัวข้อการทดสอบที่เหมาะสมตามแผนผังดังนี้



รูปที่ 2 แผนผังสำหรับใช้พิจารณาหัวข้อที่เหมาะสมในการทดสอบ
(ข้อ 7.1)

7.2 ระดับขบวนรถไฟ (vehicle level)

- 7.2.1** การทดสอบการปล่อยสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic emission) ขั้นตอนการทดสอบให้ดำเนินการตามที่ระบุในภาคผนวก ก และค่าที่อ่านได้จะต้องต่ำกว่าขีดจำกัดตามที่ระบุในหัวข้อ 9.3
- 7.2.2** การทดสอบการได้รับสนามแม่เหล็ก (magnetic field exposure) ขั้นตอนการทดสอบให้ดำเนินการตามที่ระบุในภาคผนวก ข และค่าที่อ่านได้จะต้องต่ำกว่าขีดจำกัดตามที่ระบุในหัวข้อ 9.3

7.3 ระดับอุปกรณ์ (onboard equipment level)

- 7.3.1** การทดสอบการปล่อยสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic emission)

- 7.3.1.1 การทดสอบสัญญาณรบกวนที่แผ่ออก (radiated disturbance) ขั้นตอนการทดสอบให้ดำเนินการตามที่ระบุในภาคผนวก ค และค่าที่อ่านได้จะต้องต่ำกว่าขีดจำกัดตามที่ระบุในหัวข้อ 9.3
- 7.3.1.2 การทดสอบสัญญาณรบกวนที่นำตามสาย (conducted disturbance) ขั้นตอนการทดสอบให้ดำเนินการตามที่ระบุในภาคผนวก ง และค่าที่อ่านได้จะต้องต่ำกว่าขีดจำกัดตามที่ระบุในหัวข้อ 9.3
- 7.3.2 การทดสอบภูมิคุ้มกันทางแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic immunity)
 - 7.3.2.1 การทดสอบภูมิคุ้มกันการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (electrostatic discharge: ESD) ขั้นตอนการทดสอบให้ดำเนินการตามที่ระบุในภาคผนวก จ และค่าที่อ่านได้จะต้องสอดคล้องตามเกณฑ์การยอมรับที่ใช้ในการทดสอบตามที่ระบุในหัวข้อ 9.3
 - 7.3.2.2 การทดสอบภูมิคุ้มกันสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่วิทยุที่แผ่กระจาย (RF radiated immunity) ขั้นตอนการทดสอบให้ดำเนินการตามที่ระบุในภาคผนวก ฉ และค่าที่อ่านได้จะต้องสอดคล้องตามเกณฑ์การยอมรับที่ใช้ในการทดสอบตามที่ระบุในหัวข้อ 9.3
 - 7.3.2.3 การทดสอบภูมิคุ้มกันภาวะชั่วครู่อย่างรวดเร็วทางไฟฟ้า (electrical fast transient: EFT/burst) ขั้นตอนการทดสอบให้ดำเนินการตามที่ระบุในภาคผนวก ช และค่าที่อ่านได้จะต้องต่ำสอดคล้องตามเกณฑ์การยอมรับที่ใช้ในการทดสอบตามที่ระบุในหัวข้อ 9.3
 - 7.3.2.4 การทดสอบภูมิคุ้มกันเสิร์จ (surge voltage) ขั้นตอนการทดสอบให้ดำเนินการตามที่ระบุในภาคผนวก ซ และค่าที่อ่านได้จะต้องสอดคล้องตามเกณฑ์การยอมรับที่ใช้ในการทดสอบตามที่ระบุในหัวข้อ 9.3
 - 7.3.2.5 การทดสอบภูมิคุ้มกันต่อสัญญาณรบกวนที่นำตามสายซึ่งเหนี่ยวนำโดยสนามความถี่วิทยุ (RF conducted immunity) ขั้นตอนการทดสอบให้ดำเนินการตามที่ระบุในภาคผนวก ฌ และค่าที่อ่านได้จะต้องสอดคล้องตามเกณฑ์การยอมรับที่ใช้ในการทดสอบตามที่ระบุในหัวข้อ 9.3
- 8. การตรวจผลการวัดคุณสมบัติ
การตรวจผลการวัดให้อ้างอิงกับขีดจำกัดและเกณฑ์การยอมรับที่ใช้ในการทดสอบ
- 9. การคำนวณผลการตรวจวัด
การคำนวณผลการตรวจวัดหากมีความจำเป็นในบางกรณีทดสอบให้ทำการบันทึกในรายงานการทดสอบ

10. การจัดทำรายงานผล และสรุปผล

รายงานผลการทดสอบให้เป็นไปตามรูปแบบของห้องปฏิบัติการทดสอบ โดยจะมีรายละเอียดขั้นต่ำดังต่อไปนี้

- รายละเอียดตัวอย่างที่ทำการทดสอบ
- สถานที่และเวลาทำการทดสอบ
- ผู้ทดสอบ (ระบุข้อมูลรายละเอียด เช่น ชื่อผู้ทดสอบ ตำแหน่ง)
- เครื่องมือที่ใช้ทดสอบต้องได้รับการสอบเทียบ
- ข้อกำหนดการทดสอบ
- ขั้นตอนการติดตั้งและทดสอบ
- ผลการทดสอบและข้อแนะนำ
- ภาพถ่ายการทดสอบ

10.1 การรายงานค่าที่ได้จากการทดสอบ

การรายงานค่าที่ได้จากการทดสอบจะแสดงค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดและระบุสถานะของผลการทดสอบเป็น ผ่าน (pass) ไม่ผ่าน (fail) หรือ N/A (กรณีการทดสอบไม่มีความจำเป็น) ทุกหัวข้อการทดสอบ

10.2 การสรุปผล

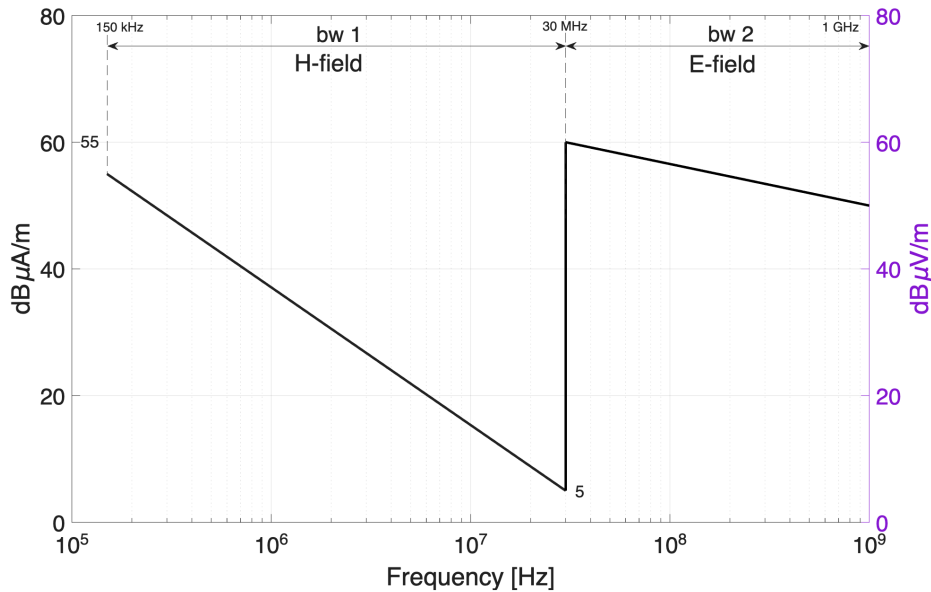
ทำการสรุปผลที่ได้จากการทดสอบและวิเคราะห์เพิ่มเติมในหัวข้อการทดสอบที่ไม่ผ่าน เช่น การระบุสาเหตุที่เป็นไปได้ และการแนะนำมาตรการแก้ไข

10.3 เกณฑ์การยอมรับ

เป็นไปตามที่ระบุในแต่ละหัวข้อการทดสอบในภาคผนวก โดยสรุปได้ดังนี้

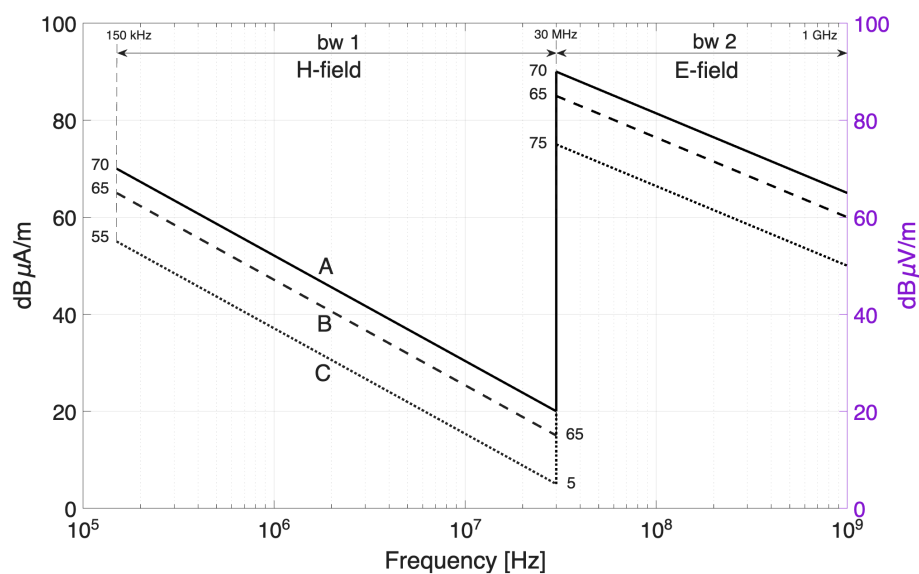
10.3.1 ระดับขบวนรถไฟ (vehicle level)

- 10.3.1.1 สำหรับการทดสอบแบบอยู่กับที่ การทดสอบการปล่อยสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic emission) ที่ระยะ 10 m ค่ายอดเสมือนต้องมีค่าไม่เกินขีดจำกัดเส้นทึบสำหรับรถขนส่งทางรางที่ใช้พลังงานขับเคลื่อนจากแบตเตอรี่ตลอดช่วงความถี่ที่ระบุ (ภาคผนวก ก)



รูปที่ 3 ขีดจำกัดค่ายอดเสมือนที่ระยะ 10 m สำหรับการทดสอบแบบอยู่กับที่
(ที่มา: ดัดแปลงจากมาตรฐาน EN 50121-3-1:2017)

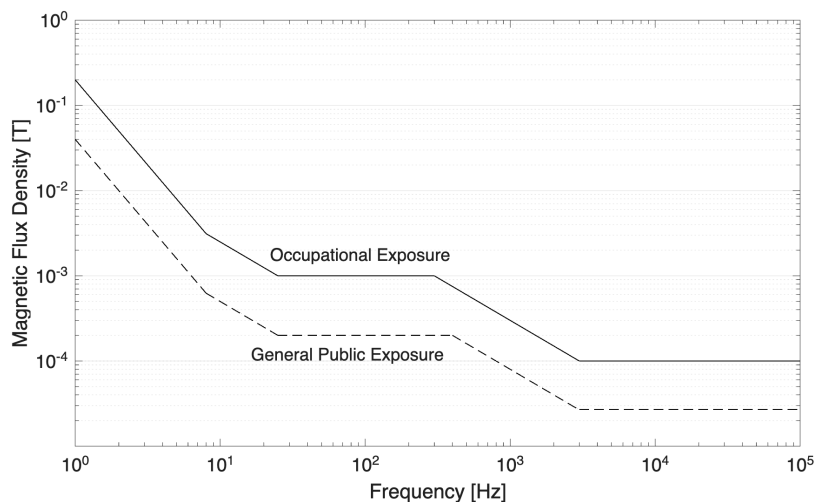
10.3.1.2 สำหรับการทดสอบแบบเคลื่อนที่ช้า การทดสอบการปล่อยสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic emission) ที่ระยะ 10 m ค่ายอดต้องมีค่าไม่เกินขีดจำกัด A สำหรับรถไฟไฟฟ้าที่รับแรงดัน 25 kV A.C. ขีดจำกัด B สำหรับรถไฟไฟฟ้าที่รับแรงดัน 15 kV A.C., 3 kV D.C., 1.5 kV D.C. และขีดจำกัด C สำหรับรถไฟไฟฟ้าที่รับแรงดัน 750 V D.C., 600 V D.C. ตลอดช่วงความเร็วที่ระบุ (ภาคผนวก ก)



รูปที่ 4 ขีดจำกัดค่ายอดที่ระยะ 10 m สำหรับการทดสอบแบบเคลื่อนที่ช้า
(ที่มา: ดัดแปลงจากมาตรฐาน EN 50121-3-1:2017)

10.3.1.3 การทดสอบการได้รับสนามแม่เหล็กสถิต (static magnetic field exposure) ระดับความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กต้องมีค่าไม่เกิน 1 mT ตามมาตรฐาน EN 45502-2-1 (ภาคผนวก ข)

10.3.1.4 การทดสอบการได้รับสนามแม่เหล็ก (magnetic field exposure) ระดับความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กในช่วงความถี่ 5 Hz ถึง 20 kHz ต้องมีค่าไม่เกินขีดจำกัดเส้นประสำหรับผู้โดยสารและเจ้าหน้าที่บริเวณสาธารณะ (general public) ตามมาตรฐาน ICNIRP Guidelines 2010 (ภาคผนวก ข)



รูปที่ 5 ขีดจำกัดความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก

(ที่มา: ดัดแปลงจากมาตรฐาน ICNIRP Guidelines 2010)

ตารางที่ 1 ขีดจำกัดความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก

(ที่มา: ดัดแปลงจากมาตรฐาน ICNIRP Guidelines 2010)

ความถี่ (f)	ขีดจำกัดความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (T)	
	บริเวณปฏิบัติงาน (occupation)	บริเวณสาธารณะ (general public)
1 Hz - 8 Hz	$0.2/f^2$	$4 \times 10^{-2}/f^2$
8 Hz - 25 Hz	$2.5 \times 10^{-2}/f$	$5 \times 10^{-3}/f$
25 Hz - 50 Hz	1×10^{-3}	2×10^{-4}
50 Hz - 300 Hz	1×10^{-3}	2×10^{-4}
300 Hz - 400 Hz	$0.3/f$	2×10^{-4}
400 Hz - 3 kHz	$0.3/f$	$8 \times 10^{-2}/f$
3 kHz - 10 MHz	1×10^{-4}	2.7×10^{-5}

10.3.2 ระดับอุปกรณ์ (onboard equipment level)

10.3.2.1 การทดสอบการปล่อยสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic emission)

10.3.2.2 การทดสอบสัญญาณรบกวนที่แผ่ออก (radiated disturbance) ระดับ ความเข้มสนามไฟฟ้าต้องมีค่าไม่เกินขีดจำกัดดังนี้ (ภาคผนวก ค)

ตารางที่ 2 ขีดจำกัดการทดสอบการปล่อยสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า
(electromagnetic emission)

พอร์ตที่ทดสอบ	ความถี่	ขีดจำกัดและโหมดการวัด
Enclosure	30 MHz - 230 MHz	50 dB(μ V/m) ค่ายอดเสมือน ที่ระยะ 3 m
	230 MHz - 1 GHz	57 dB(μ V/m) ค่ายอดเสมือน ที่ระยะ 3 m
	1 GHz - 3 GHz	76 dB(μ V/m) ค่ายอด ที่ระยะ 3 m 56 dB(μ V/m) ค่าเฉลี่ย ที่ระยะ 3 m
	3 GHz - 6 GHz	80 dB(μ V/m) ค่ายอด ที่ระยะ 3 m 60 dB(μ V/m) ค่าเฉลี่ย ที่ระยะ 3 m

10.3.2.3 การทดสอบสัญญาณรบกวนที่นำตามสาย (conducted disturbance) ระดับแรงดันไฟฟ้าต้องมีค่าไม่เกินขีดจำกัดดังนี้ (ภาคผนวก ง)

ตารางที่ 3 ขีดจำกัดการทดสอบสัญญาณรบกวนที่นำตามสาย (conducted disturbance)

พอร์ตที่ทดสอบ	ความถี่	ขีดจำกัดและโหมดการวัด
Auxiliary AC/DC	150 kHz - 500 kHz	99 dB(μ V) ค่ายอดเสมือน
	500 kHz - 30 MHz	93 dB(μ V) ค่ายอดเสมือน
Battery	150 kHz - 500 kHz	99 dB(μ V) ค่ายอดเสมือน
	500 kHz - 30 MHz	93 dB(μ V) ค่ายอดเสมือน

10.3.2.4 การทดสอบภูมิคุ้มกันทางแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic immunity)

สภาพการทำงานของตัวอย่างทดสอบ (EUT) ภายใต้สภาวะการรบกวนต้องมีระดับขั้นต่ำดังนี้

ตารางที่ 4 สภาพการทำงานของตัวอย่างทดสอบภายใต้ การทดสอบภูมิคุ้มกันทางแม่เหล็กไฟฟ้า
(electromagnetic immunity)

หัวข้อการทดสอบภูมิคุ้มกันทางแม่เหล็กไฟฟ้า	สภาพการทำงานของ EUT (EN 50121-3-2)
การทดสอบภูมิคุ้มกันการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (electrostatic discharge: ESD) (ภาคผนวก จ)	B
การทดสอบภูมิคุ้มกันสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่วิทยุที่แผ่กระจาย (RF radiated immunity) (ภาคผนวก ฉ)	A
การทดสอบภูมิคุ้มกันภาวะชั่วครู่อย่างรวดเร็วทางไฟฟ้า (electrical fast transient: EFT/burst) (ภาคผนวก ช)	A
การทดสอบภูมิคุ้มกันเสิร์จ (surge voltage) (ภาคผนวก ซ)	B
การทดสอบภูมิคุ้มกันต่อสัญญาณรบกวนที่นำตามสายซึ่งเหนี่ยวนำโดยสนามความถี่วิทยุ (RF conducted immunity) (ภาคผนวก ฌ)	A

คำอธิบายสภาพการทำงานของอุปกรณ์

ระดับ A อุปกรณ์ภายใต้สภาวะการรบกวนสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

ระดับ B อุปกรณ์ภายใต้สภาวะการรบกวนทำงานต่ำกว่าปกติ ภายหลังสภาวะการรบกวนสามารถทำงานได้อย่างปกติ

ระดับ C อุปกรณ์หยุดการทำงานชั่วคราวภายใต้สภาวะการรบกวนโดยสามารถกู้คืนได้อัตโนมัติหรือโดยการควบคุม

11. เอกสารอ้างอิง

European Standards. (2017). EN 50121-3-1 Railway applications. Electromagnetic compatibility Part 3-1: Rolling stock - Train and complete vehicle.

ภาคผนวก ก การทดสอบการปล่อยสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic emission)
หัวข้อ การทดสอบระดับขบวนรถไฟ (vehicle level)

1. วัตถุประสงค์การทดสอบ

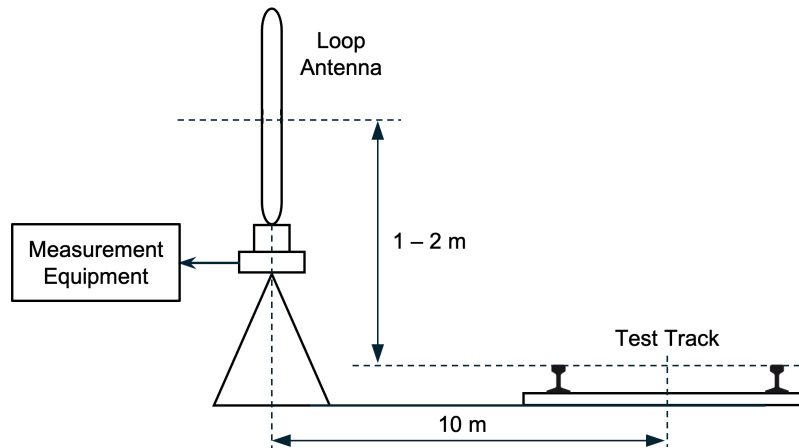
- 1.1 เพื่อวัดระดับสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าปล่อยจากรถขนส่งทางรางที่ใช้พลังงานขับเคลื่อนจากแบตเตอรี่
- 1.2 วิธีการ ขั้นตอนการทดสอบและรายละเอียดเพิ่มเติม มีความสอดคล้องกับข้อกำหนดที่ระบุในมาตรฐาน EN 50121-3-1

2. อุปกรณ์และเครื่องมือ

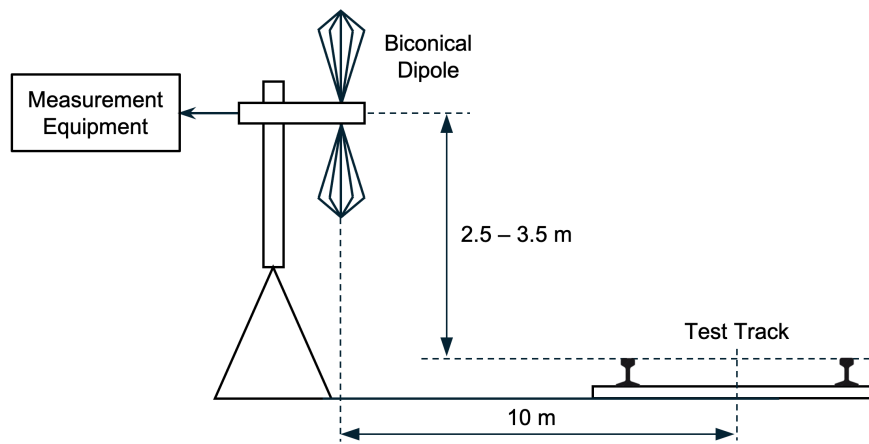
- 2.1 สายอากาศวัดสนามไฟฟ้า (electric field antenna) ได้แก่ Biconical/Log Periodic
- 2.2 สายอากาศวัดสนามแม่เหล็ก (magnetic field loop) ได้แก่ Active Loop
- 2.3 เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม (signal/spectrum analyzer)

3. การติดตั้ง

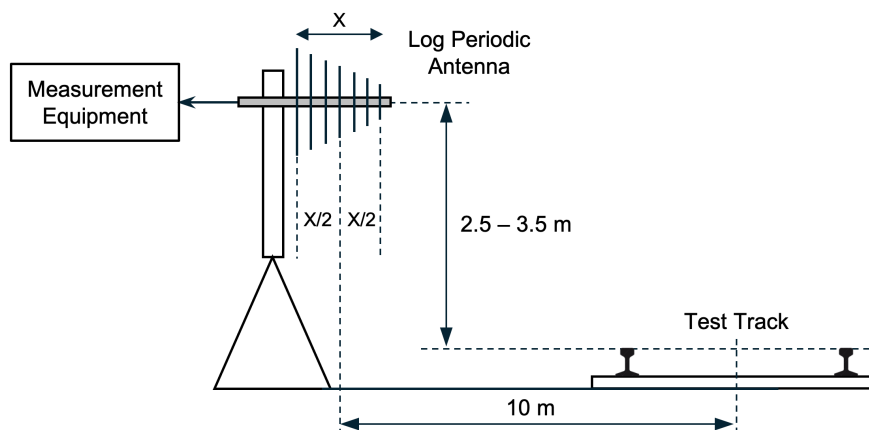
- 3.1 สถานที่ทดสอบเป็นพื้นที่ทางสายประธาน (main line) กลางแจ้งที่ใช้ในการเดินรถ หรืออาจอยู่ภายในบริเวณรางวิ่งทดสอบ (test track) ของศูนย์ซ่อมบำรุง
- 3.2 การตั้งค่าการทดสอบ
 - 3.2.1 ช่วงความถี่ในการทดสอบเริ่มต้นจาก 150 kHz ถึง 1 GHz ประกอบด้วย
 - วัดสนามแม่เหล็กในช่วง 150 kHz - 30 MHz
 - วัดสนามไฟฟ้าในช่วง 30 MHz – 1 GHz
 - 3.2.2 มีการใช้ตัวประกอบการสายอากาศ (antenna factor) แปลงแรงดันขั้วของสายอากาศเป็นขนาดความเข้มสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า
 - 3.2.3 ระยะการวัดเท่ากับ 10 m นับจากเส้นกึ่งกลางทางรถไฟ (track centerline) มายังศูนย์กลางจุดกึ่งกลางสายอากาศ
 - 3.2.4 ความสูงเหนือระดับสันรางของจุดกึ่งกลางสายอากาศต้องอยู่ในช่วง 1.0 m ถึง 2.0 m สำหรับสายอากาศแบบ Active Loop และภายในช่วง 2.5 m ถึง 3.5 m สำหรับสายอากาศแบบ Biconical และ Log Periodic หากระดับของพื้นดินที่วางสายอากาศแตกต่างจากระดับสันรางมากกว่า 0.5 m จะต้องระบุไว้ในรายงานการทดสอบ
 - 3.2.5 ตัวอย่างการติดตั้งสายอากาศให้เป็นไปตามรูปที่ 6



6(ก) ช่วงความถี่ 150 kHz ถึง 30 MHz



6(ข) ช่วงความถี่ 30 MHz ถึง 300 MHz



6(ค) ช่วงความถี่ 300 MHz ถึง 1 GHz

รูปที่ 6 รูปแบบการจัดเตรียมติดตั้งสายอากาศวัดสนามไฟฟ้า สายอากาศวัดสนามแม่เหล็ก

และเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมตามช่วงความถี่

(ที่มา: ดัดแปลงจากมาตรฐาน EN 50121-2:2017)

3.2.6 เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมอ่านค่าโดยใช้ช่วงความถี่และแบนด์วิดท์ตามที่แนะนำในตาราง

ตารางที่ 5 ช่วงความถี่และแบนด์วิดท์ของเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม

ช่วงความถี่	แบนด์วิดท์
150 kHz - 30 MHz	(bw 1) 9 kHz
30 MHz - 1 GHz	(bw 2) 120 kHz

4. ข้อกำหนดการทดสอบ

4.1 การทดสอบจะดำเนินการทดสอบด้วยระบบขับเคลื่อนรถไฟ 1 ขบวน

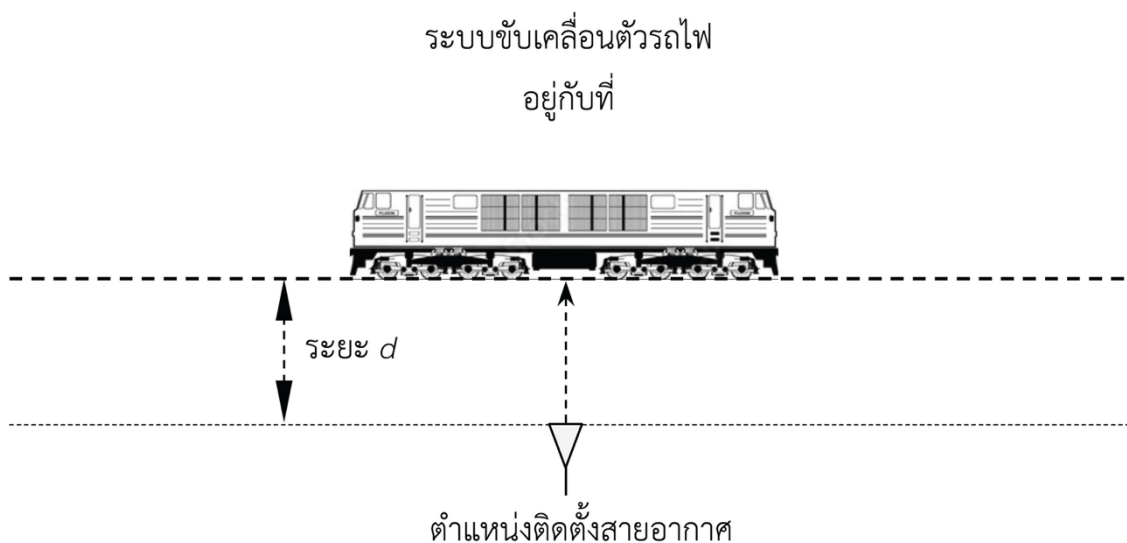
4.1.1 ระดับพลังงานของแบตเตอรี่ไม่ต่ำกว่า 80% ของระดับสูงสุดโดยอุปกรณ์ของระบบถูกป้อนพลังงานจากชุดแบตเตอรี่ตลอดเวลา

4.2 การทดสอบจะดำเนินการในสภาวะอยู่กับที่และเคลื่อนที่เข้าตามที่กำหนดไว้ใน EN 50121-3-1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 การทดสอบแบบอยู่กับที่

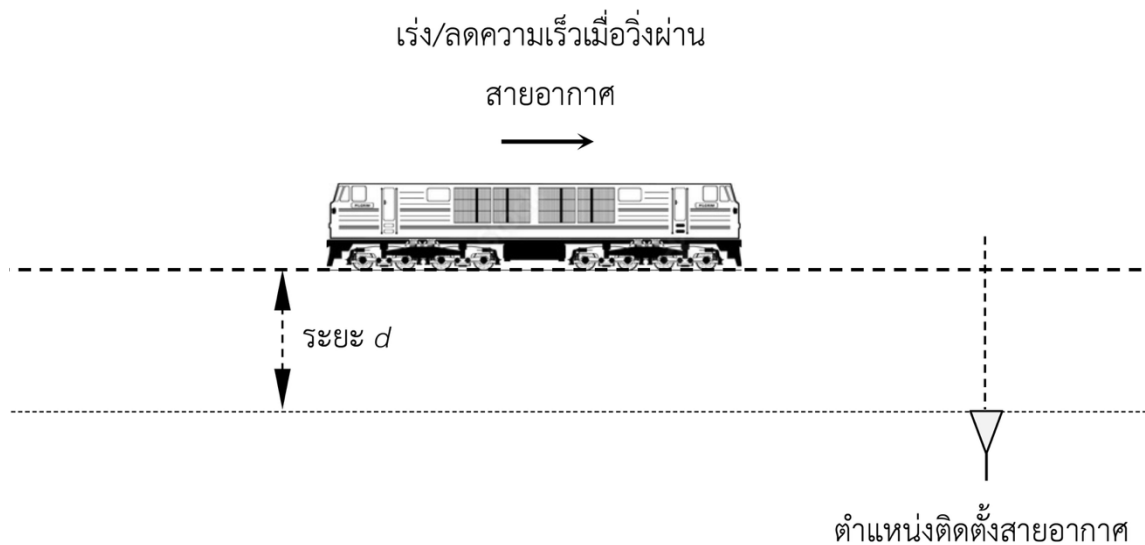
4.2.1.1 ระบบไฟฟ้าเสริมและอุปกรณ์บนรถไฟทั้งหมดจะต้องทำงานภายใต้สภาวะการทำงานปกติ ระบบไฟฟ้าขับเคลื่อนต้องมีการป้อนพลังงานแต่ไม่ทำงาน

4.2.1.2 สายอากาศรับสัญญาณจะชี้ไปที่ขบวนรถไฟ สายอากาศติดตั้งบนขาตั้งความสูงมาตรฐานตามที่อธิบายไว้ก่อนหน้านี้โดยจุดวัดมีระยะห่างจากกึ่งกลางของตู้ระบบขับเคลื่อนรถไฟเท่ากับ 10 m (d) ดังแสดงในรูป



รูปที่ 7 การติดตั้งเครื่องมือวัดสำหรับการทดสอบแบบอยู่กับที่

- 4.2.2 การทดสอบการเคลื่อนที่ช้า (ครอบคลุมกรณีทำงานในโหมดชาร์จสำหรับกรณีรบกวนไฟฟ้าแบบใช้แบตเตอรี่)
- 4.2.2.1 อุปกรณ์บนขบวนรถไฟทั้งหมดจะต้องทำการภายใต้สภาวะการทำงานปกติ ขบวนรถไฟจะทำงานในรอบการทำงานปกติ (โหมดการเร่งความเร็ว โหมดการเล่น และโหมดการเบรกด้วยไฟฟ้า)
- 4.2.2.2 สายอากาศรับสัญญาณจะชี้ไปที่ขบวนรถไฟ สายอากาศติดตั้งบนขาตั้งความสูงมาตรฐานตามที่อธิบายไว้ก่อนหน้านี้โดยมีระยะห่าง (d) เท่ากับ 10 m
- 4.2.2.3 รถไฟจะต้องเร่งความเร็วที่ $1/3$ ของแรงฉุดลากสูงสุดเมื่อผ่านสายอากาศรับสัญญาณ ความเร็วที่วัดได้นำมาจากข้อมูลคุณลักษณะของระบบขับเคลื่อน
- 4.2.2.4 รถไฟจะต้องชะลอความเร็วที่ $1/3$ ของแรงเบรกไฟฟ้าสูงสุดเมื่อผ่านสายอากาศรับสัญญาณ
- 4.2.2.5 การทดสอบจะดำเนินการภายใต้สภาวะไม่มีโหลด



รูปที่ 8 การติดตั้งเครื่องมือวัดสำหรับการทดสอบการเคลื่อนที่ช้า

- 4.3 ข้อมูลต่อไปนี้จะถูกบันทึกขึ้นระหว่างการทดสอบ
- 4.3.1 สัญญาณรบกวนรอบข้าง
- 4.3.2 ระดับสัญญาณรบกวน
- 4.3.3 ความเร็วรถ
- 4.3.4 แรงฉุดลาก
- 4.3.5 แรงเบรก
- 4.3.6 สภาพแวดล้อม ประกอบด้วย สถานที่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ฝน และความเร็วลม

4.4 ขีดจำกัดการปล่อยสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า

4.4.1 ขีดจำกัดค่ายอดเสมือนที่ระยะ 10 m สำหรับการทดสอบแบบอยู่กับที่ให้อยู่ตามรูปที่ 3

4.4.2 ขีดจำกัดค่ายอดที่ระยะ 10 m สำหรับการทดสอบแบบเคลื่อนที่ซ้ำให้อยู่ตามรูปที่ 4

5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 การวัดสัญญาณรบกวนรอบข้าง – ดำเนินการทั้งก่อนและหลังการทดสอบแบบอยู่กับที่ และการทดสอบแบบเคลื่อนที่ซ้ำ

5.1.1 ตรวจสอบระบบขับเคลื่อนรถไฟต้องปราศจากการป้อนพลังงาน

5.1.2 ตรวจสอบให้แน่ใจว่าอุปกรณ์และเครื่องมือวัดทั้งหมดได้รับการสอบเทียบ

5.1.3 เปิดสวิตช์เครื่องมือวัด

5.1.4 วัดและบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อม

5.1.5 ดำเนินการขั้นตอนสอบเทียบด้วยตนเองบนเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมเพื่อตรวจสอบการทำงาน

5.1.6 ตั้งค่าระบบเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมเป็นโหมดตรวจหาค่ายอดของสัญญาณ (peak detection) เปลี่ยนความละเอียดแบนด์วิดท์ตามที่ระบุข้างต้น และตั้งค่าการติดตามสูงสุด (maximum hold)

5.1.7 เพื่อเก็บรายละเอียดผลการวัดให้แบ่งช่วงความถี่ที่สนใจออกเป็น 2 ช่วงความถี่ย่อยดังแสดงในตารางข้างต้น

5.1.8 วัดและบันทึกระดับสัญญาณรบกวนด้วยสายอากาศแบบ Active Loop

5.1.9 วัดและบันทึกระดับสัญญาณรบกวนด้วยสายอากาศแบบ Biconical/Log periodic ทั้งโพลาไรซ์ในแนวนอนและแนวตั้ง

5.2 การทดสอบแบบอยู่กับที่

5.2.1 จัดเตรียมระบบขับเคลื่อนรถไฟ 1 ขบวน

5.2.2 ติดตั้งสายอากาศรับสัญญาณที่ตำแหน่งทดสอบ

5.2.3 ป้อนพลังงานอุปกรณ์บนขบวนรถไฟทั้งหมดและทำการการภายใต้สภาวะการทำงานปกติ เช่น ระบบทั้งหมดเปิดใช้งานอยู่ในสภาวะเสถียร ระบบไฟฟ้าส่องสว่างทั้งหมดทำงานปกติ ระบบไฟฟ้าขับเคลื่อนต้องมีการป้อนพลังงานแต่ไม่ทำงาน

5.2.4 ตั้งค่าระบบเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมเป็นโหมดตรวจหาค่ายอดเสมือนของสัญญาณ (quasi-peak detection) เปลี่ยนความละเอียดแบนด์วิดท์ตามที่ระบุข้างต้น และตั้งค่าการติดตามสูงสุด (maximum hold)

5.2.5 วัดและบันทึกระดับสัญญาณรบกวนสำหรับช่วงความถี่ย่อยทั้งหมดด้วยสายอากาศแบบ Active Loop

- 5.2.6 วัดและบันทึกระดับสัญญาณรบกวนสำหรับช่วงความถี่ย่อยทั้งหมดด้วยสายอากาศแบบ Biconical/Log Periodic ทั้งโพลาไรซ์ในแนวนอนและแนวตั้ง
- 5.3 การทดสอบแบบเคลื่อนที่ช้า – การทดสอบเร่งความเร็ว
 - 5.3.1 จัดเตรียมระบบขับเคลื่อนรถไฟ 1 ขบวน
 - 5.3.2 ติดตั้งสายอากาศรับสัญญาณที่ตำแหน่งทดสอบ
 - 5.3.3 ตั้งค่าระบบเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมเป็นโหมดตรวจหาค่ายอดของสัญญาณ (peak detection) เปลี่ยนความละเอียดแบนด์วิดท์ตามที่ระบุข้างต้น และตั้งค่าการติดตามสูงสุด (maximum hold)
 - 5.3.4 ย้ายรถไฟไปที่ตำแหน่งเริ่มต้น
 - 5.3.5 ขับรถไฟไปยังตำแหน่งทดสอบรถไฟ เร่งความเร็วที่ $1/3$ ของแรงฉุดลากสูงสุดด้วยความเร็วไม่เกิน 50 ± 10 km/h เมื่อส่วนหน้าของตู้ระบบขับเคลื่อนรถไฟผ่านสายอากาศรับสัญญาณ
 - 5.3.6 วัดและบันทึกระดับสัญญาณรบกวนสำหรับช่วงความถี่ย่อยทั้งหมดด้วยสายอากาศแบบ Active loop
 - 5.3.7 วัดและบันทึกระดับสัญญาณรบกวนสำหรับช่วงความถี่ย่อยทั้งหมดด้วยสายอากาศแบบ Biconical/Log Periodic ทั้งโพลาไรซ์ในแนวนอนและแนวตั้ง
 - 5.3.8 ทำการวัดซ้ำตามกรณีทดสอบตามที่กำหนด
- 5.4 การทดสอบแบบเคลื่อนที่ช้า – การทดสอบการชะลอตัว (เบรก)
 - 5.4.1 จัดเตรียมระบบขับเคลื่อนรถไฟ 1 ขบวน
 - 5.4.2 ติดตั้งสายอากาศรับสัญญาณที่ตำแหน่งทดสอบ
 - 5.4.3 ตั้งค่าระบบเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมเป็นโหมดตรวจหาค่ายอดของสัญญาณ (peak detection) เปลี่ยนความละเอียดแบนด์วิดท์ตามที่ระบุข้างต้น และตั้งค่าการติดตามสูงสุด (maximum hold)
 - 5.4.4 ย้ายรถไฟไปที่ตำแหน่งเริ่มต้น
 - 5.4.5 ขับรถไฟไปยังตำแหน่งทดสอบรถไฟ ทำการเบรกที่ $1/3$ ของแรงเบรกสูงสุดด้วยความเร็วไม่เกิน 50 ± 10 km/h เมื่อส่วนหน้าของตู้ระบบขับเคลื่อนรถไฟผ่านสายอากาศรับสัญญาณ
 - 5.4.6 วัดและบันทึกระดับสัญญาณรบกวนสำหรับช่วงความถี่ย่อยทั้งหมดด้วยสายอากาศแบบ Active Loop
 - 5.4.7 วัดและบันทึกระดับสัญญาณรบกวนสำหรับช่วงความถี่ย่อยทั้งหมดด้วยสายอากาศแบบ Biconical/Log Periodic ทั้งโพลาไรซ์ในแนวนอนและแนวตั้ง
 - 5.4.8 ทำการวัดซ้ำตามกรณีทดสอบตามที่กำหนด

6. กรณียทดสอบ

6.1 ตารางแสดงกรณียทดสอบทั้งหมดและข้อมูลการทดสอบที่เกี่ยวข้อง การทดสอบซ้ำในแต่ละกรณียทดสอบให้เป็นไปตามข้อตกลงกับผู้ผลิต

6.1.1 กรณียทดสอบสำหรับการวัดสัญญาณรบกวนรอบข้าง – ก่อนการทดสอบ

ตารางที่ 6 รายละเอียดกรณียทดสอบสำหรับการวัดสัญญาณรบกวนรอบข้าง – ก่อนการทดสอบการปล่อยสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า

กรณียทดสอบ	ประเภท	ข้อมูลวัด	สายอากาศ	ช่วงความถี่	โพลาริซ
ก.1	สัญญาณรบกวนรอบข้าง	สนามแม่เหล็ก	Active loop	150 kHz - 30 MHz	ไม่ระบุ
ก.2.1	สัญญาณรบกวนรอบข้าง	สนามไฟฟ้า	Biconical/ Log periodic	30 MHz - 1 GHz	แนวนอน
ก.2.2	สัญญาณรบกวนรอบข้าง	สนามไฟฟ้า	Biconical/ Log periodic	30 MHz - 1 GHz	แนวตั้ง

6.1.2 กรณียทดสอบสำหรับการทดสอบแบบอยู่กับที่

ตารางที่ 7 รายละเอียดกรณียทดสอบสำหรับการทดสอบแบบอยู่กับที่

กรณียทดสอบ	ประเภท	ข้อมูลวัด	สายอากาศ	ช่วงความถี่	โพลาริซ
ข.1	การทดสอบแบบอยู่กับที่	สนามแม่เหล็ก	Active loop	150 kHz - 30 MHz	ไม่ระบุ
ข.2.1	การทดสอบแบบอยู่กับที่	สนามไฟฟ้า	Biconical/ Log periodic	30 MHz - 1 GHz	แนวนอน
ข.2.2	การทดสอบแบบอยู่กับที่	สนามไฟฟ้า	Biconical/ Log periodic	30 MHz - 1 GHz	แนวตั้ง

6.1.3 กรณีทดสอบสำหรับการทดสอบแบบเคลื่อนที่ช้า – การทดสอบแรงความเร็ว

ตารางที่ 8 รายละเอียดกรณีทดสอบสำหรับการทดสอบแบบเคลื่อนที่ช้า – การทดสอบแรงความเร็ว

กรณีทดสอบ	ประเภท	ข้อมูลวัด	สายอากาศ	ช่วงความถี่	โพลาริซ
ค.1	การทดสอบแบบแรงความเร็ว	สนามแม่เหล็ก	Active loop	150 kHz - 30 MHz	ไม่ระบุ
ค.2.1	การทดสอบแบบแรงความเร็ว	สนามไฟฟ้า	Biconical/ Log periodic	30 MHz - 1 GHz	แนวนอน
ค.2.2	การทดสอบแบบแรงความเร็ว	สนามไฟฟ้า	Biconical/ Log periodic	30 MHz - 1 GHz	แนวตั้ง

6.1.4 กรณีทดสอบสำหรับการทดสอบแบบเคลื่อนที่ช้า – การทดสอบการชะลอตัว (เบรก)

ตารางที่ 9 รายละเอียดกรณีทดสอบสำหรับการทดสอบแบบเคลื่อนที่ช้า – การทดสอบการชะลอตัว (เบรก)

กรณีทดสอบ	ประเภท	ข้อมูลวัด	สายอากาศ	ช่วงความถี่	โพลาริซ
ง.1	การทดสอบแบบเบรก	สนามแม่เหล็ก	Active loop	150 kHz - 30 MHz	ไม่ระบุ
ง.2.1	การทดสอบแบบเบรก	สนามไฟฟ้า	Biconical/ Log periodic	30 MHz - 1 GHz	แนวนอน
ง.2.2	การทดสอบแบบเบรก	สนามไฟฟ้า	Biconical/ Log periodic	30 MHz - 1 GHz	แนวตั้ง

6.1.5 กรณีทดสอบสำหรับการวัดสัญญาณรบกวนรอบข้าง – หลังการทดสอบ

ตารางที่ 10 รายละเอียดกรณีทดสอบสำหรับการวัดสัญญาณรบกวนรอบข้าง – หลังการทดสอบการปล่อยสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า

กรณีทดสอบ	ประเภท	ข้อมูลวัด	สายอากาศ	ช่วงความถี่	โพลาริซ
จ.1	สัญญาณรบกวนรอบข้าง	สนามแม่เหล็ก	Active loop	150 kHz - 30 MHz	ไม่ระบุ
จ.2.1	สัญญาณรบกวนรอบข้าง	สนามไฟฟ้า	Biconical/ Log periodic	30 MHz - 1 GHz	แนวนอน
จ.2.2	สัญญาณรบกวนรอบข้าง	สนามไฟฟ้า	Biconical/ Log periodic	30 MHz - 1 GHz	แนวตั้ง

ภาคผนวก ข การทดสอบการได้รับสนามแม่เหล็ก (magnetic field exposure)

หัวข้อ การทดสอบระดับขบวนรถไฟ (vehicle level)

1. วัตถุประสงค์การทดสอบ

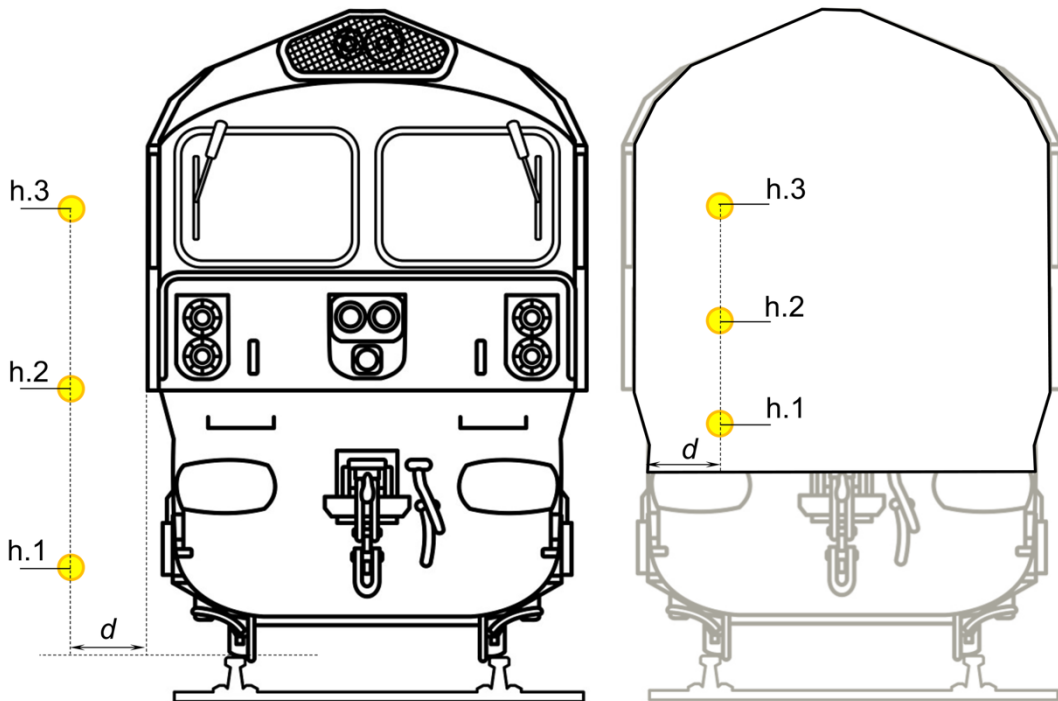
- 1.1 เพื่อตรวจสอบระดับความเข้มข้นแม่เหล็กความถี่ต่ำภายในพื้นที่ทำงานหรือพื้นที่โดยสารเพื่อป้องกันการรบกวนที่ไม่พึงประสงค์ต่อสุขภาพของเจ้าหน้าที่และผู้โดยสารและต่อการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งรวมถึงคอมพิวเตอร์พกพาและอุปกรณ์ทางการแพทย์ เช่น เครื่องกระตุ้นหัวใจ
- 1.2 วิธีการ ขั้นตอนการทดสอบและรายละเอียดเพิ่มเติม มีความสอดคล้องกับข้อกำหนดที่ระบุในมาตรฐาน EN 50500

2. อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 2.1 เครื่องวัดสนามแม่เหล็กสถิต (static magnetic field meter)
- 2.2 เครื่องวัดสนามแม่เหล็กกระแสสลับ (A.C. magnetic field meter)

3. การติดตั้ง

- 3.1 สถานที่ทดสอบเป็นพื้นที่ทางสายประธาน (main line) กลางแจ้งที่ใช้ในการเดินรถ หรืออาจอยู่ภายในบริเวณทางวิ่งทดสอบ (test track) ของศูนย์ซ่อมบำรุง
- 3.2 การตั้งค่าการทดสอบ
 - 3.2.1 ช่วงความถี่ขั้นต่ำในการทดสอบแบ่งเป็น 2 ช่วง
 - 3.2.1.1 0 Hz (สนามแม่เหล็กสถิต)
 - 3.2.1.2 5 Hz ถึง 20 kHz (สนามแม่เหล็ก A.C.)
 - 3.2.2 สำหรับการวัดค่าภายนอกแสดงในรูปที่ 9 โพรบของเครื่องวัดสนามแม่เหล็กสูงเหนือระดับสัณฐานที่ระยะ $h.1$ เท่ากับ 0.5 m $h.2$ เท่ากับ 1.5 m และ $h.3$ เท่ากับ 2.5 m โดยติดตั้งห่างจากด้านข้างของรถไฟเป็นระยะ d เท่ากับ 0.3 m
 - 3.2.3 สำหรับการวัดค่าภายในรถแสดงในรูปที่ 9 โพรบของเครื่องวัดสนามแม่เหล็กสูงเหนือระดับพื้นที่ระยะ $h.1$ เท่ากับ 0.3 m $h.2$ เท่ากับ 0.9 m และ $h.3$ เท่ากับ 1.5 m โดยติดตั้งห่างจากผนังด้านในของรถไฟเป็นระยะ d มาয়งจุดที่เจ้าหน้าที่หรือผู้โดยสารยืนหรือนั่งอย่างน้อย 0.3 m ตามความเหมาะสม
 - 3.2.4 ตัวอย่างการติดตั้งโพรบของเครื่องวัดสนามแม่เหล็กให้เป็นไปตามรูปที่ 9



รูปที่ 9 การติดตั้งโพรบของเครื่องวัดสนามแม่เหล็ก

- (ก) สำหรับการติดตั้งภายนอก รถ h.1, h.2 และ h.3 คือ ความสูงเหนือระดับส้นราง d คือระยะห่างจากด้านข้างของรถไฟ
- (ข) สำหรับการติดตั้งภายในรถ h.1, h.2 และ h.3 คือ ความสูงเหนือระดับพื้นภายในรถ d คือระยะห่างจากผนังด้านในของรถไฟ

4. ข้อกำหนดการทดสอบ

4.1 การทดสอบจะดำเนินการด้วยระบบขับเคลื่อนรถไฟ 1 ขบวน โดยจะดำเนินการวัดบริเวณพื้นที่ทำงานของเจ้าหน้าที่หรือพื้นที่ของผู้โดยสารซึ่งใกล้กับแหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็กความเข้มสูง เช่น ระบบไฟฟ้าขับเคลื่อน สายเคเบิลแรงดันสูง เป็นต้น

4.1.1 ระดับพลังงานของแบตเตอรี่ไม่ต่ำกว่า 80% ของระดับสูงสุดโดยอุปกรณ์ของระบบถูกป้อนพลังงานจากชุดแบตเตอรี่ตลอดเวลา

4.2 การทดสอบจะดำเนินการในสภาวะอยู่กับที่และเคลื่อนที่โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 การทดสอบแบบอยู่กับที่

4.2.1.1 ระบบไฟฟ้าเสริมและอุปกรณ์บนรถไฟทั้งหมดจะต้องทำงานภายใต้สภาวะการทำงานปกติ ระบบไฟฟ้าขับเคลื่อนต้องมีการป้อนพลังงานแต่ไม่ทำงาน

4.2.1.2 การทดสอบวัดความเข้มสนามแม่เหล็กจะดำเนินการทั้งภายนอกและภายในรถ

4.2.2 การทดสอบแบบเคลื่อนที่

- 4.2.2.1 รถไฟเคลื่อนที่จากหยุดนิ่งจนถึงความเร็วสูงสุดที่อนุญาตบนทางวิ่ง จากนั้นปลดคันเร่ง (coasting) และทำการเบรกไฟฟ้าจนรถหยุดนิ่ง
- 4.2.2.2 ระบบไฟฟ้าเสริมและอุปกรณ์บนรถไฟทั้งหมดจะต้องทำงานภายใต้สภาวะการทำงานปกติ
- 4.2.2.3 ระบบไฟฟ้าขับเคลื่อนทำงานภายใต้สภาวะไม่มีน้ำหนักบรรทุก
- 4.2.2.4 การทดสอบวัดความเข้มข้นแม่เหล็กจะดำเนินการเฉพาะภายในตัวรถไฟ
- 4.3 ข้อมูลต่อไปนี้จะถูกบันทึกระหว่างการทดสอบ
 - 4.3.1 สัญญาณรบกวนรอบข้าง
 - 4.3.2 ความเข้มข้นแม่เหล็ก
 - 4.3.3 สภาวะการทำงานของรถไฟ
 - 4.3.4 สภาพแวดล้อม ประกอบด้วย สถานที่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ฝน และความเร็วลม
- 4.4 ขีดจำกัดความเข้มข้นแม่เหล็ก
 - 4.4.1 ขีดจำกัดความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กสถิต (static magnetic flux) ตามมาตรฐาน EN 45502-2-1 มีค่าเท่ากับ 1 mT
 - 4.4.2 ขีดจำกัดความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux) ในช่วงความถี่ 1 Hz ถึง 100 kHz ตามมาตรฐาน ICNIRP Guidelines 2010 ให้ยึดตามรูปที่ 5
- 5. ขั้นตอนการทดสอบ
 - 5.1 การวัดสัญญาณรบกวนรอบข้าง – ดำเนินการทั้งก่อนและหลังการทดสอบแบบอยู่กับที่และการทดสอบแบบเคลื่อนที่
 - 5.1.1 ตรวจสอบให้แน่ใจว่าระบบขับเคลื่อนรถไฟต้องปราศจากการป้อนพลังงาน
 - 5.1.2 ติดตั้งโพรบของเครื่องวัดสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งทดสอบ
 - 5.1.3 ตรวจสอบให้แน่ใจว่าอุปกรณ์และเครื่องมือวัดทั้งหมดได้รับการสอบเทียบ
 - 5.1.4 เปิดสวิตช์เครื่องมือวัด
 - 5.1.5 วัดและบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อม
 - 5.2 การทดสอบแบบอยู่กับที่
 - 5.2.1 จัดเตรียมระบบขับเคลื่อนรถไฟ 1 ขบวน
 - 5.2.2 ติดตั้งโพรบของเครื่องวัดสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งทดสอบภายนอกรถไฟบริเวณห้องคนขับ
 - 5.2.2.1 ป้อนพลังงานอุปกรณ์บนขบวนรถไฟทั้งหมดและทำงานภายใต้สภาวะการทำงานปกติ เช่น ระบบทั้งหมดเปิดใช้งาน ระบบ Cab VAC อยู่ในสภาวะ

เสถียร ระบบไฟฟ้าส่องสว่างทั้งหมดทำงานปกติ ระบบไฟฟ้าขับเคลื่อนต้องมีการป้อนพลังงานแต่ไม่ทำงาน

5.2.2.2 ระยะเวลาการวัดในแต่ละตำแหน่งอยู่ในช่วง 30 s ถึง 60 s

5.2.2.3 บันทึกค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กทั้ง 3 แกน (x, y, z) ทั้งสนามแม่เหล็ก D.C. และสนามแม่เหล็ก A.C. ในโดเมนความถี่

5.2.2.4 ทำการวัดซ้ำโดยย้ายโพรบของเครื่องวัดสนามแม่เหล็กไปที่บริเวณกลางรถ

5.2.2.5 ทำการวัดซ้ำโดยย้ายโพรบของเครื่องวัดสนามแม่เหล็กไปที่บริเวณท้ายรถ

5.2.3 ติดตั้งโพรบของเครื่องวัดสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งทดสอบภายในรถไฟในห้องคนขับ

5.2.3.1 ป้อนพลังงานอุปกรณ์บนขบวนรถไฟทั้งหมดและทำงานภายใต้สภาวะการทำงานปกติ เช่น ระบบทั้งหมดเปิดใช้งานอยู่ในสภาวะเสถียร ระบบไฟฟ้าส่องสว่างทั้งหมดทำงานปกติ ระบบไฟฟ้าขับเคลื่อนต้องมีการป้อนพลังงานแต่ไม่ทำงาน

5.2.3.2 ระยะเวลาการวัดในแต่ละตำแหน่งอยู่ในช่วง 30 s ถึง 60 s

5.2.3.3 บันทึกค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กทั้ง 3 แกน (x, y, z) ทั้งสนามแม่เหล็ก D.C. และสนามแม่เหล็ก A.C. ในโดเมนความถี่

5.2.3.4 ทำการวัดซ้ำโดยย้ายโพรบของเครื่องวัดสนามแม่เหล็กไปที่บริเวณกลางรถ

5.2.3.5 ทำการวัดซ้ำโดยย้ายโพรบของเครื่องวัดสนามแม่เหล็กไปที่บริเวณท้ายรถ

5.3 การทดสอบแบบเคลื่อนที่

5.3.1 จัดเตรียมระบบขับเคลื่อนรถไฟ 1 ขบวน

5.3.2 ติดตั้งโพรบของเครื่องวัดสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งทดสอบภายในรถไฟในห้องคนขับ

5.3.3 ป้อนพลังงานอุปกรณ์บนขบวนรถไฟทั้งหมดและทำงานภายใต้สภาวะการทำงานปกติ เช่น ระบบทั้งหมดเปิดใช้งานอยู่ในสภาวะเสถียร ระบบไฟฟ้าส่องสว่างทั้งหมดทำงานปกติ

5.3.4 ทำการวัดก่อนรถไฟเคลื่อนที่ ระยะเวลาการวัดในแต่ละตำแหน่งทดสอบอยู่ในช่วง 30 s ถึง 60 s

5.3.5 ทำการวัดในแต่ละตำแหน่งทดสอบขณะรถไฟเคลื่อนที่จากหยุดนิ่งจนถึงความเร็วสูงสุดที่อนุญาตบนทางวิ่ง จากนั้นปลดคันเร่ง (coasting) เป็นเวลา 10 s และทำการเบรกไฟฟ้าจนรถหยุดนิ่ง

5.3.6 บันทึกค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กทั้ง 3 แกน (x, y, z) ทั้งสนามแม่เหล็ก D.C. และสนามแม่เหล็ก A.C. ในโดเมนความถี่

5.3.7 ทำการวัดซ้ำโดยย้ายโพรบของเครื่องวัดสนามแม่เหล็กไปที่บริเวณกลางรถ

5.3.8 ทำการวัดซ้ำโดยย้ายโพรบของเครื่องวัดสนามแม่เหล็กไปที่บริเวณท้ายรถ

6. กรณีทดสอบ

6.1 ตารางแสดงกรณีทดสอบทั้งหมดและข้อมูลการทดสอบที่เกี่ยวข้อง การทดสอบซ้ำในแต่ละกรณีทดสอบให้เป็นไปตามข้อตกลงกับผู้ผลิต

6.1.1 กรณีทดสอบสำหรับการทดสอบรถไฟแบบอยู่กับที่ (วัดภายนอกกรณี)

6.1.1.1 กรณีทดสอบสำหรับการวัดสัญญาณรบกวนรอบข้าง – ก่อนการทดสอบ

ตารางที่ 11 รายละเอียดกรณีทดสอบสำหรับการวัดสัญญาณรบกวนรอบข้าง – ก่อนการทดสอบการได้รับสนามแม่เหล็ก

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาริซ
ก.1.1	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณห้องคนขับ	h.1 (0.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ก.1.2	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณห้องคนขับ	h.1 (0.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 10 MHz	แกน x, y, z
ก.1.3	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณห้องคนขับ	h.2 (1.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ก.1.4	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณห้องคนขับ	h.2 (1.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ก.1.5	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณห้องคนขับ	h.3 (2.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ก.1.6	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณห้องคนขับ	h.3 (2.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ก.2.1	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณกลางรถ	h.1 (0.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ก.2.2	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณกลางรถ	h.1 (0.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ก.2.3	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณกลางรถ	h.2 (1.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ก.2.4	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณกลางรถ	h.2 (1.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ก.2.5	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณกลางรถ	h.3 (2.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาไรซ์
ก.2.6	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณกลางรถ	h.3 (2.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ก.3.1	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณท้ายรถ	h.1 (0.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ก.3.2	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณท้ายรถ	h.1 (0.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ก.3.3	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณท้ายรถ	h.2 (1.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ก.3.4	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณท้ายรถ	h.2 (1.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ก.3.5	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณท้ายรถ	h.3 (2.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ก.3.6	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณท้ายรถ	h.3 (2.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z

6.1.1.2 กรณีทดสอบสำหรับการวัดความเข้มข้นแม่เหล็กขณะรถไฟอยู่ยกที่

ตารางที่ 12 รายละเอียดกรณีทดสอบสำหรับการวัดความเข้มข้นแม่เหล็กขณะอยู่ยกที่

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาไรซ์
ข.1.1	ระดับความเข้มข้นแม่เหล็กบริเวณห้องคนขับ	h.1 (0.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ข.1.2	ระดับความเข้มข้นแม่เหล็กบริเวณห้องคนขับ	h.1 (0.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ข.1.3	ระดับความเข้มข้นแม่เหล็กบริเวณห้องคนขับ	h.2 (1.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาไรซ์
ข.1.4	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กบริเวณห้องคนขับ	h.2 (1.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ข.1.5	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กบริเวณห้องคนขับ	h.3 (2.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ข.1.6	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กบริเวณห้องคนขับ	h.3 (2.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ข.2.1	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กบริเวณกลางรถ	h.1 (0.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ข.2.2	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กบริเวณกลางรถ	h.1 (0.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ข.2.3	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กบริเวณกลางรถ	h.2 (1.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ข.2.4	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กบริเวณกลางรถ	h.2 (1.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ข.2.5	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กบริเวณกลางรถ	h.3 (2.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ข.2.6	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กบริเวณกลางรถ	h.3 (2.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ข.3.1	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กบริเวณท้ายรถ	h.1 (0.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาไรซ์
ข.3.2	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กบริเวณท้ายรถ	h.1 (0.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ข.3.3	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กบริเวณท้ายรถ	h.2 (1.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ข.3.4	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กบริเวณท้ายรถ	h.2 (1.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ข.3.5	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กบริเวณท้ายรถ	h.3 (2.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ข.3.6	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กบริเวณท้ายรถ	h.3 (2.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z

6.1.1.3 กรณีทดสอบสำหรับการวัดสัญญาณรบกวนรอบข้าง – หลังการทดสอบ

ตารางที่ 13 รายละเอียดกรณีทดสอบสำหรับการวัดสัญญาณรบกวนรอบข้าง – หลังการทดสอบการได้รับสนามแม่เหล็ก

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาไรซ์
ค.1.1	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณห้องคนขับ	h.1 (0.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ค.1.2	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณห้องคนขับ	h.1 (0.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ค.1.3	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณห้องคนขับ	h.2 (1.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ค.1.4	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณห้องคนขับ	h.2 (1.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาไรซ์
ค.1.5	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณห้องคนขับ	h.3 (2.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ค.1.6	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณห้องคนขับ	h.3 (2.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ค.2.1	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณกลางรถ	h.1 (0.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ค.2.2	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณกลางรถ	h.1 (0.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ค.2.3	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณกลางรถ	h.2 (1.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ค.2.4	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณกลางรถ	h.2 (1.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ค.2.5	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณกลางรถ	h.3 (2.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ค.2.6	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณกลางรถ	h.3 (2.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ค.3.1	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณท้ายรถ	h.1 (0.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ค.3.2	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณท้ายรถ	h.1 (0.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ค.3.3	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณท้ายรถ	h.2 (1.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ค.3.4	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณท้ายรถ	h.2 (1.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ค.3.5	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณท้ายรถ	h.3 (2.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ค.3.6	สัญญาณรบกวนรอบข้างบริเวณท้ายรถ	h.3 (2.5 m) d (0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z

6.1.2 กรณีทดสอบสำหรับการทดสอบรฟแบบอยู่กับที่ (วัดภายในรถ)

6.1.2.1 กรณีทดสอบสำหรับการวัดสัญญาณรบกวนรอบข้าง – ก่อนการทดสอบ

ตารางที่ 14 รายละเอียดกรณีทดสอบสำหรับการวัดสัญญาณรบกวนรอบข้าง – ก่อนการทดสอบการได้รับสนามแม่เหล็ก

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาริซ
ง.1.1	สัญญาณรบกวนรอบข้างในห้องคนขับ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ง.1.2	สัญญาณรบกวนรอบข้างในห้องคนขับ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ง.1.3	สัญญาณรบกวนรอบข้างในห้องคนขับ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ง.1.4	สัญญาณรบกวนรอบข้างในห้องคนขับ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ง.1.5	สัญญาณรบกวนรอบข้างในห้องคนขับ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ง.1.6	สัญญาณรบกวนรอบข้างในห้องคนขับ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ง.2.1	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ง.2.2	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ง.2.3	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ง.2.4	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ง.2.5	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ง.2.6	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาไรซ์
ง.3.1	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ง.3.2	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณท้ายรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ง.3.3	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณท้ายรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ง.3.4	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณท้ายรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ง.3.5	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณท้ายรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ง.3.6	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณท้ายรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z

6.1.2.2 กรณีทดสอบสำหรับการวัดความเข้มข้นแม่เหล็กขณะรถไฟอยู่กับที่

ตารางที่ 15 รายละเอียดกรณีทดสอบสำหรับการวัดความเข้มข้นแม่เหล็กขณะอยู่กับที่

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาไรซ์
จ.1.1	ระดับความเข้มข้นแม่เหล็กในห้องคนขับ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
จ.1.2	ระดับความเข้มข้นแม่เหล็กในห้องคนขับ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
จ.1.3	ระดับความเข้มข้นแม่เหล็กในห้องคนขับ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
จ.1.4	ระดับความเข้มข้นแม่เหล็กในห้องคนขับ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาไรซ์
จ.1.5	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในห้องคนขับ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
จ.1.6	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในห้องคนขับ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
จ.2.1	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณกลางรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
จ.2.2	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณกลางรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
จ.2.3	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณกลางรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
จ.2.4	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณกลางรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
จ.2.5	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณกลางรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
จ.2.6	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณกลางรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
จ.3.1	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณท้ายรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
จ.3.2	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณท้ายรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาไรซ์
จ.3.3	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณท้ายรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
จ.3.4	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณท้ายรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
จ.3.5	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณท้ายรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
จ.3.6	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณท้ายรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z

6.1.2.3 กรณีทดสอบสำหรับการวัดสัญญาณรบกวนรอบข้าง – หลังการทดสอบ

ตารางที่ 16 รายละเอียดกรณีทดสอบสำหรับการวัดสัญญาณรบกวนรอบข้าง – หลังการทดสอบการได้รับสนามแม่เหล็ก

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาไรซ์
ฉ.1.1	สัญญาณรบกวนรอบข้างในห้องคนขับ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ฉ.1.2	สัญญาณรบกวนรอบข้างในห้องคนขับ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ฉ.1.3	สัญญาณรบกวนรอบข้างในห้องคนขับ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ฉ.1.4	สัญญาณรบกวนรอบข้างในห้องคนขับ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ฉ.1.5	สัญญาณรบกวนรอบข้างในห้องคนขับ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาริซ
ฉ.1.6	สัญญาณรบกวนรอบข้างในห้องคนขับ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ฉ.2.1	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ฉ.2.2	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ฉ.2.3	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ฉ.2.4	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ฉ.2.5	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ฉ.2.6	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ฉ.3.1	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณท้ายรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ฉ.3.2	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณท้ายรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ฉ.3.3	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณท้ายรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ฉ.3.4	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณท้ายรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ฉ.3.5	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณท้ายรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ฉ.3.6	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณท้ายรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z

6.1.3 กรณีทดสอบสำหรับการทดสอบรฟเคลื่อนที่ (วัดภายในรถ)

6.1.3.1 กรณีทดสอบสำหรับการวัดสัญญาณรบกวนรอบข้าง – ก่อนการทดสอบ

ตารางที่ 17 รายละเอียดกรณีทดสอบสำหรับการวัดสัญญาณรบกวนรอบข้าง – ก่อนการทดสอบการได้รับสนามแม่เหล็ก

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาริซ
ช.1.1	สัญญาณรบกวนรอบข้างในห้องคนขับ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ช.1.2	สัญญาณรบกวนรอบข้างในห้องคนขับ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ช.1.3	สัญญาณรบกวนรอบข้างในห้องคนขับ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ช.1.4	สัญญาณรบกวนรอบข้างในห้องคนขับ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ช.1.5	สัญญาณรบกวนรอบข้างในห้องคนขับ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ช.1.6	สัญญาณรบกวนรอบข้างในห้องคนขับ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ช.2.1	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ช.2.2	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ช.2.3	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ช.2.4	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ช.2.5	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ช.2.6	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาไรซ์
ช.3.1	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ช.3.2	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณท้ายรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ช.3.3	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณท้ายรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ช.3.4	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณท้ายรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ช.3.5	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณท้ายรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ช.3.6	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณท้ายรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z

6.1.3.2 กรณีทดสอบสำหรับการวัดความเข้มสนามแม่เหล็กก่อนรถไฟเคลื่อนที่ขณะมีการป้อนพลังงาน

ตารางที่ 18 รายละเอียดกรณีทดสอบสำหรับการวัดความเข้มสนามแม่เหล็กก่อนรถไฟเคลื่อนที่

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาไรซ์
ช.1.1	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในห้องคนขับ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ช.1.2	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในห้องคนขับ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ช.1.3	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในห้องคนขับ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาไรซ์
ช.1.4	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในห้องคนขับ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ช.1.5	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในห้องคนขับ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ช.1.6	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในห้องคนขับ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ช.2.1	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณกลางรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ช.2.2	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณกลางรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ช.2.3	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณกลางรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ช.2.4	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณกลางรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ช.2.5	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณกลางรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ช.2.6	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณกลางรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ช.3.1	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณท้ายรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาไรซ์
ช.3.2	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณท้ายรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ช.3.3	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณท้ายรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ช.3.4	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณท้ายรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ช.3.5	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณท้ายรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ช.3.6	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณท้ายรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z

6.1.3.3 กรณีทดสอบสำหรับการวัดความเข้มสนามแม่เหล็กขณะรถไฟเคลื่อนที่จากหยุดนิ่งจนถึงความเร็วสูงสุด

ตารางที่ 19 รายละเอียดกรณีทดสอบสำหรับการวัดความเข้มสนามแม่เหล็กขณะรถไฟเคลื่อนที่จากหยุดนิ่งจนถึงความเร็วสูงสุด

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาไรซ์
ณ.1.1	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในห้องคนขับ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ณ.1.2	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในห้องคนขับ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาไรซ์
ณ.1.3	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในห้องคนขับ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ณ.1.4	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในห้องคนขับ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ณ.1.5	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในห้องคนขับ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ณ.1.6	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในห้องคนขับ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ณ.2.1	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณกลางรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ณ.2.2	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณกลางรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ณ.2.3	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณกลางรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ณ.2.4	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณกลางรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ณ.2.5	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณกลางรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ณ.2.6	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณกลางรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาไรซ์
ณ.3.1	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณท้ายรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ณ.3.2	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณท้ายรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ณ.3.3	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณท้ายรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ณ.3.4	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณท้ายรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ณ.3.5	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณท้ายรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ณ.3.6	ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กในบริเวณท้ายรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z

6.1.3.4 กรณีทดสอบสำหรับการวัดสัญญาณรบกวนรอบข้าง – หลังการทดสอบ

ตารางที่ 20 รายละเอียดกรณีทดสอบสำหรับการวัดสัญญาณรบกวนรอบข้าง – หลังการทดสอบการได้รับสนามแม่เหล็ก

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาไรซ์
ณ.1.1	สัญญาณรบกวนรอบข้างในห้องคนขับ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ณ.1.2	สัญญาณรบกวนรอบข้างในห้องคนขับ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาไรซ์
ญ.1.3	สัญญาณรบกวนรอบข้างในห้องคนขับ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ญ.1.4	สัญญาณรบกวนรอบข้างในห้องคนขับ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ญ.1.5	สัญญาณรบกวนรอบข้างในห้องคนขับ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ญ.1.6	สัญญาณรบกวนรอบข้างในห้องคนขับ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ญ.2.1	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ญ.2.2	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ญ.2.3	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ญ.2.4	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ญ.2.5	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ญ.2.6	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณกลางรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ญ.3.1	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณท้ายรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ญ.3.2	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณท้ายรถ	h.1 (0.3 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ญ.3.3	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณท้ายรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z
ญ.3.4	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณท้ายรถ	h.2 (0.9 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z
ญ.3.5	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณท้ายรถ	h.3 (1.5 m) d ($\geq$ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	Static Magnetic field meter	D.C.	แกน x, y, z

กรณีทดสอบ	ประเภท	ตำแหน่ง	ข้อมูลวัด	เครื่องวัด	ช่วงความถี่	โพลาไรซ์
ญ.3.6	สัญญาณรบกวนรอบข้างในบริเวณท้ายรถ	h.3 (1.5 m) d (≥ 0.3 m)	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	A.C. magnetic field meter	5 Hz - 20 kHz	แกน x, y, z

ภาคผนวก ค การรบกวนจากสัญญาณที่แผ่ออก (radiated disturbance)

หัวข้อ การทดสอบระดับอุปกรณ์ (onboard equipment level)

1. วัตถุประสงค์การทดสอบ

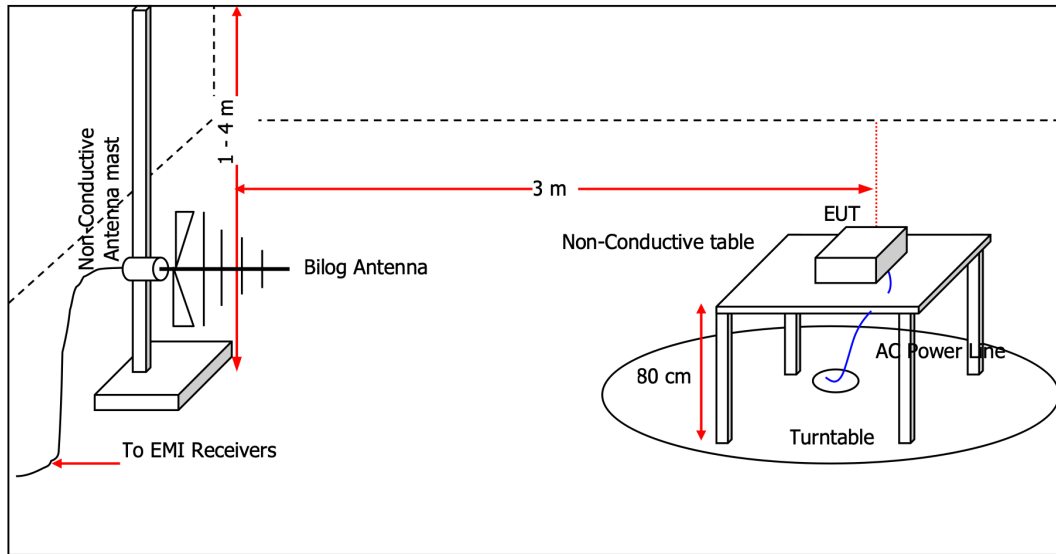
- 1.1 เพื่อกำหนดวิธีและขั้นตอนการทดสอบสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์สำหรับภูมิคุ้มกันต่อการแผ่สัญญาณรบกวน ตามข้อกำหนด EN 50121-3-2 และมีความสอดคล้องกับรายละเอียดเพิ่มเติมที่ระบุใน EN 55011

2. อุปกรณ์และเครื่องมือ

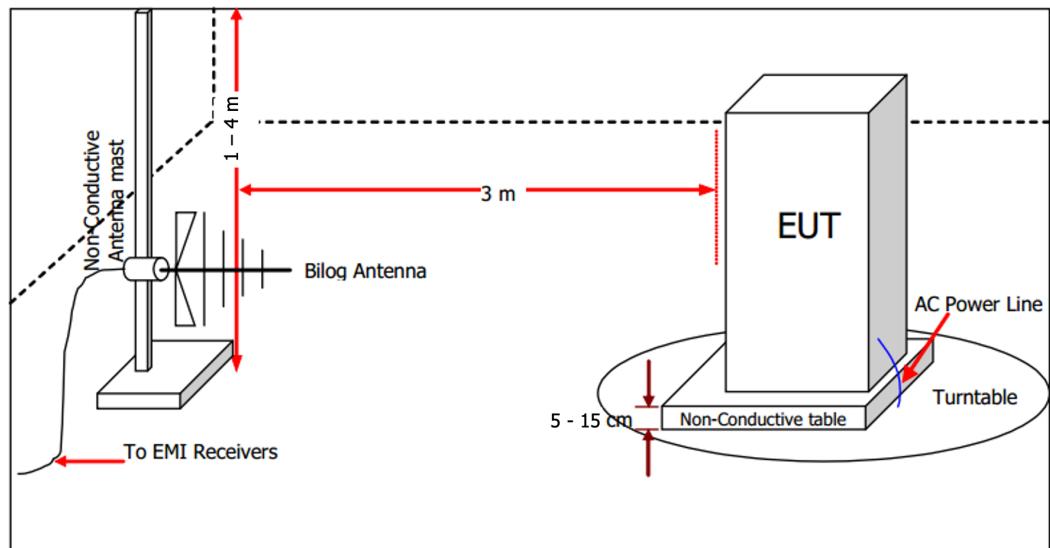
- 2.1 สายอากาศวัดสนามไฟฟ้า (electric field antenna) ได้แก่ Biconical/ Log Periodic และ Horn
- 2.2 เครื่องรับการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI receiver)

3. การติดตั้ง

- 3.1 การทดสอบในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีรายละเอียดการติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 10
 - 3.1.1 กรณีตัวอย่างทดสอบวางบนโต๊ะที่ไม่นำไฟฟ้ามีความสูง $(0.8\text{ m} \pm 0.08\text{ m})$ วางบนระนาบกราวด์อ้างอิงวงกลมแบบแท่นหมุน (turntable) มีรัศมี 1 m ดังแสดงในรูปที่ 10 (ก)
 - 3.1.2 กรณีตัวอย่างทดสอบวางบนพื้นรองรับด้วยฉนวนที่ไม่นำไฟฟ้ามีความสูง 0.05 m ถึง 0.15 m วางบนระนาบกราวด์อ้างอิงวงกลมแบบแท่นหมุน (turntable) มีรัศมี 1 m ดังแสดงในรูปที่ 10 (ข)
 - 3.1.3 สายอากาศซึ่งทำหน้าที่วัดสัญญาณรบกวนที่แผ่ออก จากตัวอย่างทดสอบถูกติดตั้งบนเสาไม่นำไฟฟ้าโดยมีระยะความสูงจากพื้นอยู่ในช่วง 1 m ถึง 4 m และวางห่างจากพื้นผิวของอุปกรณ์ที่ต้องการวัดเป็นระยะ 3 m



(ก)



(ข)

รูปที่ 10 การติดตั้งในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากรณีตัวอย่างทดสอบวางบนโต๊ะและวางบนพื้น
(ที่มา: ดัดแปลงจากมาตรฐาน EN 55011)

4. ข้อกำหนดการทดสอบ

4.1 กำหนดโหมดการทำงานปกติของตัวอย่างทดสอบ

4.2 ขีดจำกัดการปล่อยสัญญาณรบกวน

ตารางที่ 21 กรณีทดสอบสัญญาณรบกวนที่แผ่ออกและขีดจำกัด

พอร์ตที่ทดสอบ	ความถี่	ขีดจำกัดและโหมดการวัด
Enclosure	30 MHz - 230 MHz	50 dB(μ V/m) ค่ายอดเสมือน ที่ระยะ 3 m
	230 MHz - 1 GHz	57 dB(μ V/m) ค่ายอดเสมือน ที่ระยะ 3 m
	1 GHz - 3 GHz	76 dB(μ V/m) ค่ายอด ที่ระยะ 3 m
		56 dB(μ V/m) ค่าเฉลี่ย ที่ระยะ 3 m
	3 GHz - 6 GHz	80 dB(μ V/m) ค่ายอด ที่ระยะ 3 m
		60 dB(μ V/m) ค่าเฉลี่ย ที่ระยะ 3 m

5. ขั้นตอนการทดสอบ

- 5.1 จัดเตรียมตัวอย่างทดสอบโดยมีโหมดการทำงานปกติ
- 5.2 ติดตั้งสายอากาศรับสัญญาณที่ตำแหน่งทดสอบ
- 5.3 ตั้งค่าระบบเครื่องรับการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นโหมดตรวจหาค่ายอดเสมือนของสัญญาณ (quasi-peak detection) ตั้งค่าการติดตามสูงสุด (maximum hold) และตั้งค่าขีดจำกัด
- 5.4 วัดและบันทึกระดับสัญญาณรบกวนที่แผ่ออกสำหรับช่วงความถี่ 30 MHz - 1 GHz ด้วยสายอากาศ Biconical/ Log Periodic ทั้งโพลาไรซ์ในแนวนอนและแนวตั้ง
- 5.5 ตั้งค่าระบบเครื่องรับการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นโหมดตรวจหาค่ายอดของสัญญาณ (peak detection) ตั้งค่าการติดตามสูงสุด (maximum hold) และตั้งค่าขีดจำกัด
- 5.6 วัดและบันทึกระดับสัญญาณรบกวนที่แผ่ออกสำหรับช่วงความถี่ 1 - 6 GHz ด้วยสายอากาศ Horn ทั้งโพลาไรซ์ในแนวนอนและแนวตั้ง
- 5.7 ตั้งค่าระบบเครื่องรับการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นโหมด Average Detection ตั้งค่าการติดตามสูงสุด (maximum hold) และตั้งค่าขีดจำกัด
- 5.8 วัดและบันทึกระดับสัญญาณรบกวนที่แผ่ออกสำหรับช่วงความถี่ 1 - 6 GHz ด้วยสายอากาศ Horn ทั้งโพลาไรซ์ในแนวนอนและแนวตั้ง

6. กรณีทดสอบ

- 6.1 ดำเนินการตามโหมดการวัดที่ระบุ

ภาคผนวก ง การรบกวนจากสัญญาณที่นำตามสาย (conducted disturbance)

หัวข้อ การทดสอบระดับอุปกรณ์ (onboard equipment level)

1. วัตถุประสงค์การทดสอบ

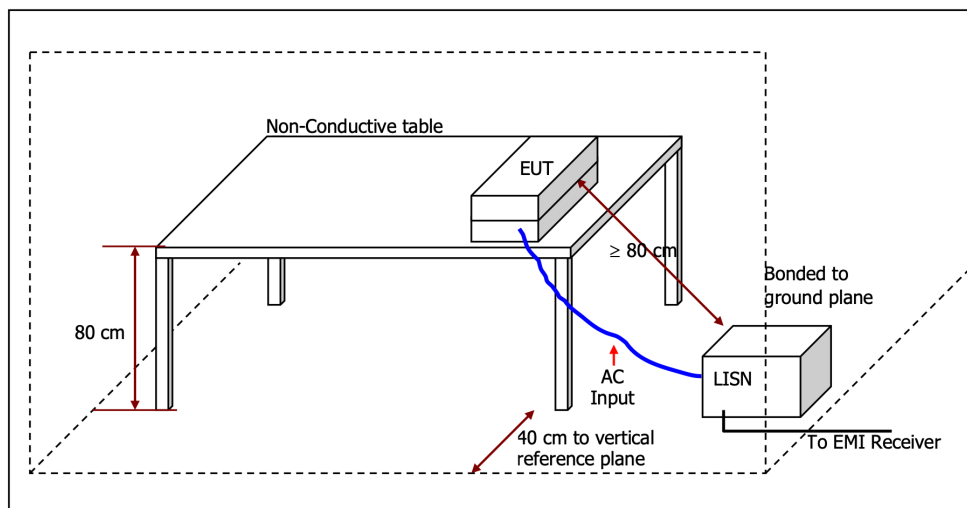
- 1.1 เพื่อกำหนดวิธีและขั้นตอนการทดสอบสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์สำหรับภูมิคุ้มกันต่อสัญญาณรบกวนที่นำตามสาย ตามข้อกำหนด EN 50121-3-2 และมีความสอดคล้องกับรายละเอียดเพิ่มเติมที่ระบุใน EN 55011

2. อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 2.1 โครงข่ายสร้างเสถียรภาพอิมพีแดนซ์ (LISN)
2.2 เครื่องรับการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI receiver)

3. การติดตั้ง

- 3.1 การทดสอบบนโต๊ะในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีรายละเอียดการติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 11
- 3.1.1 ตัวอย่างทดสอบวางบนโต๊ะหรือฉนวนที่ไม่นำไฟฟ้ามีความสูง $0.8 \text{ m} \pm 0.08 \text{ m}$ และห่างจากผนังอ้างอิง 0.4 m ตัวอย่างทดสอบถูกติดตั้งห่างจากระนาบกราวด์อ้างอิงไม่น้อยกว่า 0.8 m
- 3.1.2 เครื่อง LISN ถูกติดตั้งยึดกับระนาบกราวด์อ้างอิง และวางห่างจากตัวอย่างทดสอบไม่น้อยกว่า 0.8 m



รูปที่ 11 การติดตั้งในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

(ที่มา: ดัดแปลงจากมาตรฐาน EN 55011)

4. ข้อกำหนดการทดสอบ

4.1 กำหนดโหมดการทำงานปกติของตัวอย่างทดสอบ

4.2 เตรียมพารามิเตอร์ของการทดสอบดังนี้

4.2.1 กำหนดพอร์ตที่ทำการทดสอบ

4.2.2 กำหนดช่วงความถี่ ชีตจำกัดการปล่อยสัญญาณรบกวน และโหมดการวัดแรงดัน

ตารางที่ 22 กรณีทดสอบสัญญาณรบกวนที่นำตามสายและชีตจำกัด

พอร์ตที่ทดสอบ	ความถี่	ชีตจำกัดและโหมดการวัด
Auxiliary AC/DC	150 kHz - 500 kHz	99 dB(μ V) ค่ายอดเสมือน
	500 kHz - 30 MHz	93 dB(μ V) ค่ายอดเสมือน
Battery	150 kHz - 500 kHz	99 dB(μ V) ค่ายอดเสมือน
	500 kHz - 30 MHz	93 dB(μ V) ค่ายอดเสมือน

5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 จัดเตรียมตัวอย่างทดสอบโดยมีโหมดการทำงานปกติ

5.2 ติดตั้ง LISN ตามที่กำหนด

5.3 ตั้งค่าระบบเครื่องรับการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นโหมดตรวจหาค่ายอดเสมือนของสัญญาณ (quasi-peak detection) ตั้งค่าการติดตามสูงสุด (maximum hold) และตั้งค่าชีตจำกัด

5.4 วัดและบันทึกระดับสัญญาณรบกวนที่นำตามสายในรูปแบบของแรงดันสำหรับช่วงความถี่ 150 kHz - 30 MHz

6. กรณีทดสอบ

6.1 ดำเนินการตามโหมดการวัดที่ระบุ

ภาคผนวก จ ภูมิคุ้มกันการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (electrostatic discharge: ESD)

หัวข้อ การทดสอบระดับอุปกรณ์ (onboard equipment level)

1. วัตถุประสงค์การทดสอบ

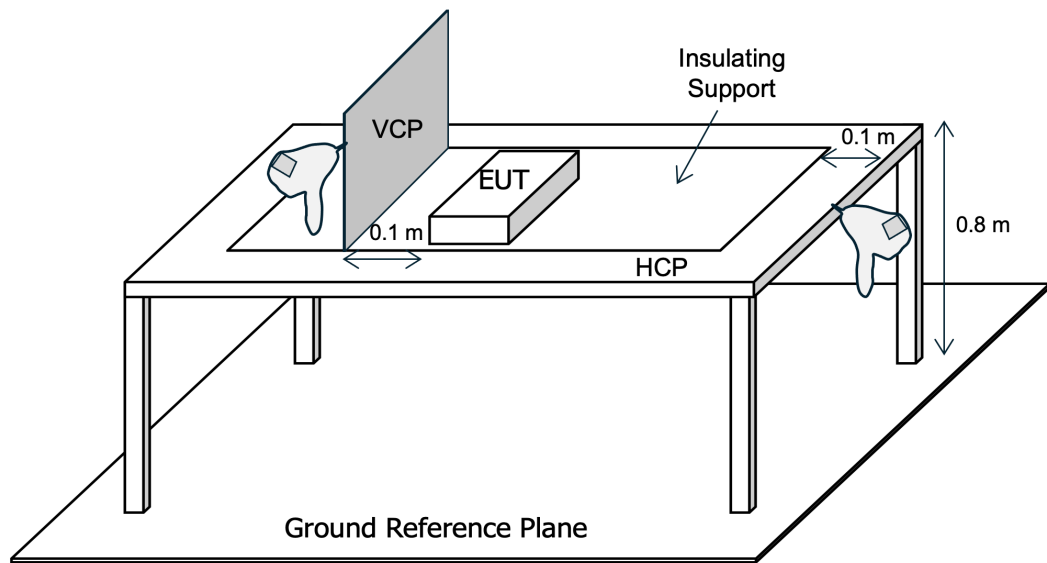
- 1.1 เพื่อกำหนดวิธีและขั้นตอนการทดสอบสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์สำหรับภูมิคุ้มกันต่อการรับการคายประจุไฟฟ้าสถิตจากผู้ปฏิบัติงานโดยตรงและจากบุคคลไปยังอุปกรณ์ที่อยู่ติดกันตามข้อกำหนด EN 50121-3-2 และมีความสอดคล้องกับรายละเอียดเพิ่มเติมที่ระบุใน EN 61000-4-2 หรือ มอก.1452

2. อุปกรณ์และเครื่องมือ

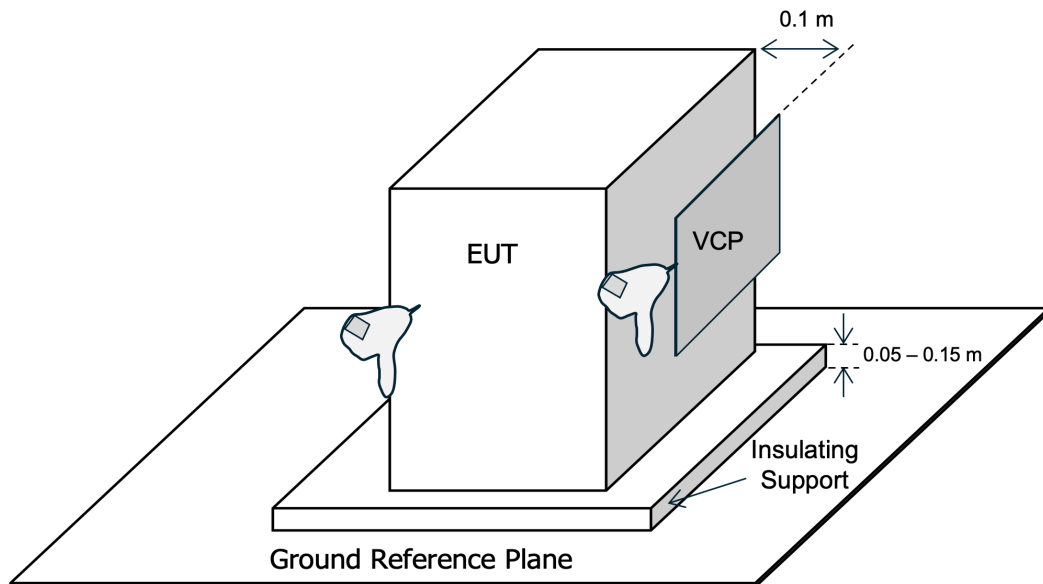
- 2.1 เครื่องทดสอบไฟฟ้าสถิต (electrostatic discharge test generator)

3. การติดตั้ง

- 3.1 การทดสอบบนโต๊ะในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีรายละเอียดการติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 12 (ก)
 - 3.3.1 โต๊ะที่ไม่นำไฟฟ้ามีความสูง $0.8\text{ m} \pm 0.08\text{ m}$ วางบนระนาบกราวด์อ้างอิง
 - 3.3.2 ระนาบคัปปลิงแนวนอน HCP มีขนาด $1.6\text{ m} \pm 0.02\text{ m} \times 0.8\text{ m} \pm 0.02\text{ m}$ วางบนโต๊ะ
 - 3.3.3 ตัวอย่างทดสอบและสายเคเบิลจะต้องแยกออกจาก HCP ด้วยระนาบฉนวน (insulating support) ขนาดความหนาที่ $0.5\text{ mm} \pm 0.05\text{ mm}$
- 3.2 การทดสอบบนพื้นในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีรายละเอียดการติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 12 (ข)
 - 3.2.1 ตัวอย่างทดสอบจะต้องแยกออกจากระนาบกราวด์อ้างอิงโดยมีการรองรับด้วยระนาบฉนวนขนาดความหนาที่ 0.05 m ถึง 0.15 m
 - 3.2.2 สายเคเบิลของตัวอย่างทดสอบจะถูกแยกออกจากระนาบกราวด์อ้างอิงด้วยตัวรองรับที่เป็นฉนวนขนาด $0.5\text{ mm} \pm 0.05\text{ mm}$
- 3.3 การทดสอบนอกห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือการทดสอบในสถานที่จริง (on-site)
 - 3.3.1 ดำเนินการติดตั้งให้สอดคล้องกับแนวทางการทดสอบในห้องปฏิบัติการทดสอบ



(ก)



(ข)

รูปที่ 12 การติดตั้งในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากรณีตัวอย่างทดสอบวางบนโต๊ะและวางบนพื้น

(ที่มา: ดัดแปลงจากมาตรฐาน EN 61000-4-2)

4. ข้อกำหนดการทดสอบ

4.1 เลือกประเภทของการทดสอบบนโต๊ะหรือบนพื้น

4.2 เตรียมพารามิเตอร์ของการทดสอบดังนี้

4.2.1 เลือกตำแหน่งของจุดทดสอบเป็นจุดที่ผู้ปฏิบัติงานมีโอกาสสัมผัสได้โดยปกติ สำหรับแต่ละจุดทดสอบ

- 4.2.2 กำหนดรูปแบบของการคายประจุไฟฟ้าสถิต โดยทางตรงผ่านการสัมผัสตรงหรือสัมผัสผ่านอากาศด้วยอิเล็กโทรด หรือโดยทางอ้อมผ่าน VCP/HCP
- 4.2.3 กำหนดพอร์ตที่ทำการทดสอบ
- 4.2.4 กำหนดระดับและสภาพชั่วไฟฟ้าของแรงดัน (บวกและลบ) ที่ใช้ทดสอบ
- 4.2.5 กำหนดจำนวนครั้งของการคายประจุไฟฟ้าสถิต
- 4.2.6 กำหนดโหมดการทำงานปกติของอุปกรณ์ที่ทดสอบ

ตารางที่ 23 กรณีสอบภูมิคุ้มกันการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต

พอร์ตที่ทดสอบ	รูปแบบการสัมผัส	ระดับแรงดัน	จำนวนครั้งต่อสภาพชั่วไฟฟ้า	โหมดการทำงาน
Enclosure	สัมผัสผ่านอากาศ	$\pm 8 \text{ kV}$	≥ 10	ปกติ
	สัมผัสตรง	$\pm 6 \text{ kV}$	≥ 10	ปกติ
	VCP/HCP	$\pm 6 \text{ kV}$	≥ 10	ปกติ

4.3 เกณฑ์การยอมรับ (performance criteria)

ตารางที่ 24 สภาพการทำงานขั้นต่ำของ EUT ภายใต้การทดสอบภูมิคุ้มกันการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต

ระดับ	คำอธิบาย	สภาพการทำงานของ EUT (EN 50121-3-2)
A	อุปกรณ์ภายใต้สภาวะการรบกวนสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง	☐
B	อุปกรณ์ภายใต้สภาวะการรบกวนทำงานต่ำกว่าปกติ ภายหลังสภาวะการรบกวนสามารถทำงานได้อย่างปกติ	☒
C	อุปกรณ์หยุดการทำงานชั่วขณะภายใต้สภาวะการรบกวนโดยสามารถกู้คืนได้อัตโนมัติหรือโดยการควบคุม	☐

5. ขั้นตอนการทดสอบ

- 5.1 จัดเตรียมตัวอย่างทดสอบโดยมีโหมดการทำงานปกติ
- 5.2 กรณีสอบโดยทางตรงในสถานการณ์การถ่ายเทประจุไฟฟ้าสถิตจากบุคคลที่เข้าใกล้พื้นผิวของตัวอย่างทดสอบ
 - 5.2.1 สำหรับผิวสัมผัสที่นำไฟฟ้าจะใช้รูปแบบการคายประจุไฟฟ้าสถิตผ่านการสัมผัสตรง จัดตำแหน่งของเครื่องทดสอบไฟฟ้าสถิตให้ตั้งฉากกับระนาบของพื้นผิวที่ทำการทดสอบ และทำการสัมผัสพื้นผิวด้วยอิเล็กโทรดก่อนคายประจุ ระยะเวลาระหว่างการคายประจุไฟฟ้าสถิตอย่างน้อย 1 s

- 5.2.2 สำหรับผิวสัมผัสที่ไม่นำไฟฟ้า เช่น มีฉนวนหุ้ม จะใช้รูปแบบการคายประจุผ่านการสัมผัสผ่านอากาศ เคลื่อนเครื่องทดสอบไฟฟ้าสถิตเข้าใกล้พื้นผิวฉนวนจนเกิดการคายประจุจากอิเล็กโทรดสู่พื้นผิว ระยะเวลาระหว่างการคายประจุไฟฟ้าสถิตอย่างน้อย 1 s
- 5.3 กรณีทดสอบโดยทางอ้อมในสถานการณ์การถ่ายเทประจุไฟฟ้าสถิตจากวัตถุที่ติดตั้งใกล้ตัวอย่างทดสอบ
- 5.3.1 ใช้รูปแบบการคายประจุผ่านตัวกลางอากาศด้วยการใช้ HCP จัดตำแหน่งของเครื่องทดสอบไฟฟ้าสถิตให้สัมผัสกับขอบด้านหน้าของ HCP ในแนวจุดกึ่งกลางของตัวอย่างทดสอบ โดยมีระยะห่าง 0.1 m จากพื้นผิวของตัวอย่างทดสอบ จากนั้นทำการคายประจุไฟฟ้าสถิต ระยะเวลาระหว่างการคายประจุไฟฟ้าสถิตอย่างน้อย 1 s
- 5.3.2 ใช้รูปแบบการคายประจุผ่านตัวกลางอากาศด้วยการใช้ VCP จัดตำแหน่งของเครื่องทดสอบไฟฟ้าสถิตให้สัมผัสกับจุดกึ่งกลางของขอบแนวตั้งของ VCP ซึ่งวางด้วยระยะห่าง 0.1 m จากพื้นผิวของตัวอย่างทดสอบ จากนั้นทำการคายประจุไฟฟ้าสถิต ระยะเวลาระหว่างการคายประจุไฟฟ้าสถิตอย่างน้อย 1 s ทำการย้ายตำแหน่งของ VCP และทำการคายประจุซ้ำบนพื้นผิวอุปกรณ์ด้านอื่นที่เหลือ
- 5.4 สังเกตและบันทึกการทำงานภายใต้สภาวะการรบกวนในทุกกรณีทดสอบ โดยต้องระบุค่าสภาวะแวดล้อมประกอบ

6. กรณีทดสอบ

- 6.1 ตำแหน่งของจุดทดสอบที่เลือกให้เป็นไปตามความเหมาะสม

ภาคผนวก จ ภูมิคุ้มกันสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่วิทยุที่แผ่กระจาย (RF radiated immunity)

หัวข้อ การทดสอบระดับอุปกรณ์ (onboard equipment level)

1. วัตถุประสงค์การทดสอบ

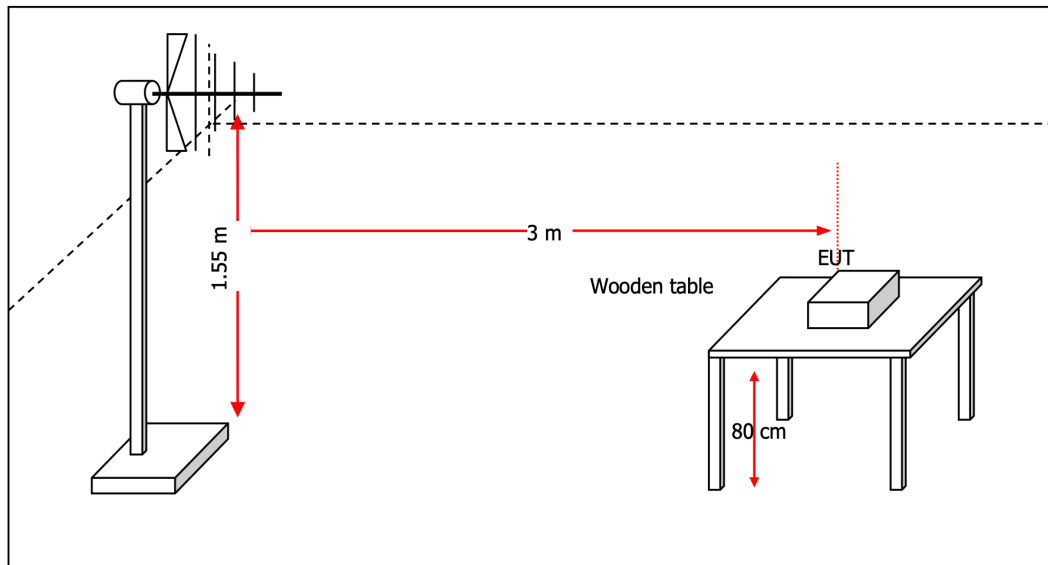
- 1.1 เพื่อกำหนดวิธีและขั้นตอนการทดสอบสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์สำหรับภูมิคุ้มกันต่อการรบกวนโดยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่วิทยุที่แผ่กระจาย ซึ่งการทดสอบจะกระทำที่ระดับความเข้มระนาบสนามไฟฟ้าที่มีระดับความเข้มสนามไฟฟ้าต่าง ๆ กัน ตามข้อกำหนด EN 50121-3-2 และมีความสอดคล้องกับรายละเอียดเพิ่มเติมที่ระบุใน EN 61000-4-3 หรือ มอก. 1453

2. อุปกรณ์และเครื่องมือ

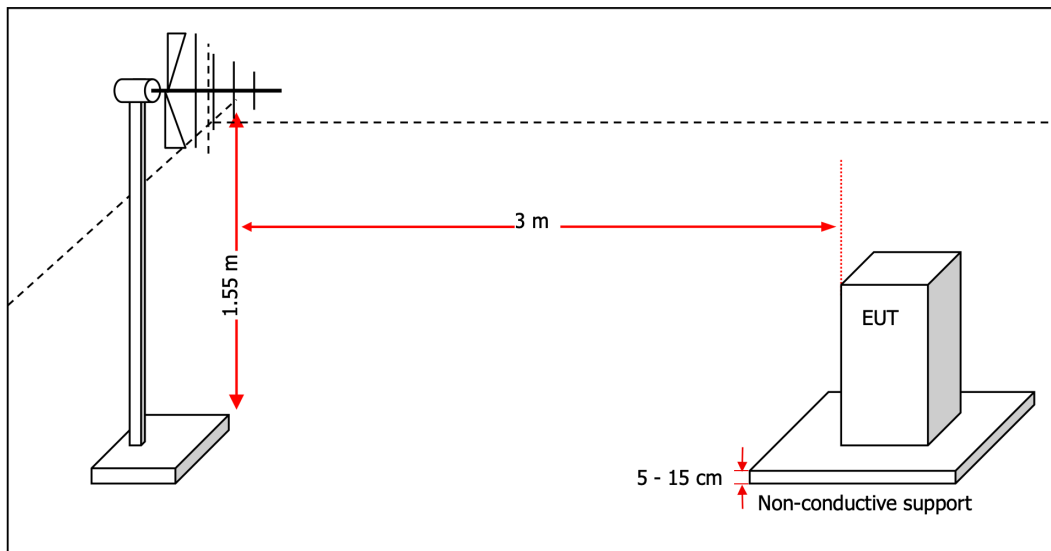
- 2.1 สายอากาศวัดสนามไฟฟ้า (electric field antenna) ได้แก่ Biconical/ Log Periodic และ Horn
- 2.2 ระบบเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ (radio frequency generator system)

3. การติดตั้ง

- 3.1 การทดสอบในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีรายละเอียดการติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 13
 - 3.1.1 กรณีตัวอย่างทดสอบวางบนโต๊ะที่ไม่นำไฟฟ้ามีความสูง $0.8\text{ m} \pm 0.08\text{ m}$ ดังแสดงในรูปที่ 13 (ก)
 - 3.1.2 กรณีตัวอย่างทดสอบวางบนพื้นรองรับด้วยฉนวนที่ไม่นำไฟฟ้ามีความสูง 0.05 m ถึง 0.15 m ดังแสดงในรูปที่ 13 (ข)
 - 3.1.3 สายอากาศซึ่งทำหน้าที่แผ่กระจายสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าสู่ตัวอย่างทดสอบ ถูกติดตั้งบนเสาไม่นำไฟฟ้าโดยมีระยะความสูงจากพื้น 1.55 m และวางห่างจากพื้นผิวของอุปกรณ์ที่ต้องการวัดเป็นระยะ 3 m



(ก)



(ข)

รูปที่ 13 การติดตั้งในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

(ที่มา: ดัดแปลงจากมาตรฐาน EN 61000-4-3)

4. ข้อกำหนดการทดสอบ

4.1 กำหนดโหมดการทำงานปกติของตัวอย่างทดสอบ

4.2 เตรียมพารามิเตอร์ของการทดสอบดังนี้

4.2.1 กำหนดพอร์ตที่ทำการทดสอบ

4.2.2 กำหนดช่วงความถี่ ข้อกำหนดการทดสอบ เช่น ระดับสนามไฟฟ้า รูปแบบและความถี่การมอดูเลตคลื่นไซน์

ตารางที่ 25 กรณีทดสอบภูมิคุ้มกันสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่วิทยุที่แผ่กระจาย

พอร์ตที่ทดสอบ	ความถี่	ข้อกำหนดการทดสอบ
Enclosure	80 MHz - 800 MHz	20 V/m (rms) 80 % AM, 1 kHz
	800 MHz - 1 GHz	20 V/m (rms) 80 % AM, 1 kHz
	1.4 GHz - 2 GHz	10 V/m (rms) 80 % AM, 1 kHz
	2 GHz - 2.7 GHz	5 V/m (rms) 80 % AM, 1 kHz
	5.1 GHz - 6 GHz	3 V/m (rms) 80 % AM, 1 kHz

4.3 เกณฑ์การยอมรับ (performance criteria)

ตารางที่ 26 สภาพการทำงานขั้นต่ำของ EUT ภายใต้การทดสอบภูมิคุ้มกันสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่วิทยุที่แผ่กระจาย

ระดับ	คำอธิบาย	สภาพการทำงานของ EUT (EN 50121-3-2)
A	อุปกรณ์ภายใต้สภาวะการรบกวนสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง	☒
B	อุปกรณ์ภายใต้สภาวะการรบกวนทำงานต่ำกว่าปกติ ภายหลังสภาวะการรบกวนสามารถทำงานได้อย่างปกติ	☐
C	อุปกรณ์หยุดการทำงานชั่วคราวภายใต้สภาวะการรบกวนโดยสามารถกู้คืนได้อัตโนมัติหรือโดยการควบคุม	☐

5. ขั้นตอนการทดสอบ

- 5.1 จัดเตรียมตัวอย่างทดสอบโดยมีโหมดการทำงานปกติ
- 5.2 ติดตั้งสายอากาศที่ตำแหน่งทดสอบ
- 5.3 ทดสอบการป้องกันการแผ่กระจายของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับช่วงความถี่ 80 MHz - 800 MHz ด้วยสายอากาศ Biconical/ Log Periodic ทั้งโพลาไรเซชันแนวนอนและแนวตั้ง
- 5.4 ทดสอบการป้องกันการแผ่กระจายของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับช่วงความถี่ 800 MHz - 1 GHz ด้วยสายอากาศ Biconical/ Log Periodic ทั้งโพลาไรเซชันแนวนอนและแนวตั้ง
- 5.5 ทดสอบการป้องกันการแผ่กระจายของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับช่วงความถี่ 1.4 GHz - 2 GHz ด้วยสายอากาศ Horn ทั้งโพลาไรเซชันแนวนอนและแนวตั้ง
- 5.6 ทดสอบการป้องกันการแผ่กระจายของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับช่วงความถี่ 2 GHz - 2.7 GHz ด้วยสายอากาศ Horn ทั้งโพลาไรเซชันแนวนอนและแนวตั้ง

- 5.7 ทดสอบการป้องกันการแผ่กระจายของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับช่วงความถี่ 5.1 GHz – 6 GHz ด้วยสายอากาศ Horn ทั้งโพลาไรซ์ในแนวนอนและแนวตั้ง
- 5.8 สังเกตและบันทึกการทำงานภายใต้สภาวะการรบกวนในทุกกรณีทดสอบ

6. กรณีทดสอบ

- 6.1 ดำเนินการตามข้อกำหนดการทดสอบที่ระบุ

ภาคผนวก ข ภูมิคุ้มกันภาวะชั่วครู่อย่างรวดเร็วทางไฟฟ้า (electrical fast transient: EFT/burst)
หัวข้อ การทดสอบระดับอุปกรณ์ (onboard equipment level)

1. วัตถุประสงค์การทดสอบ

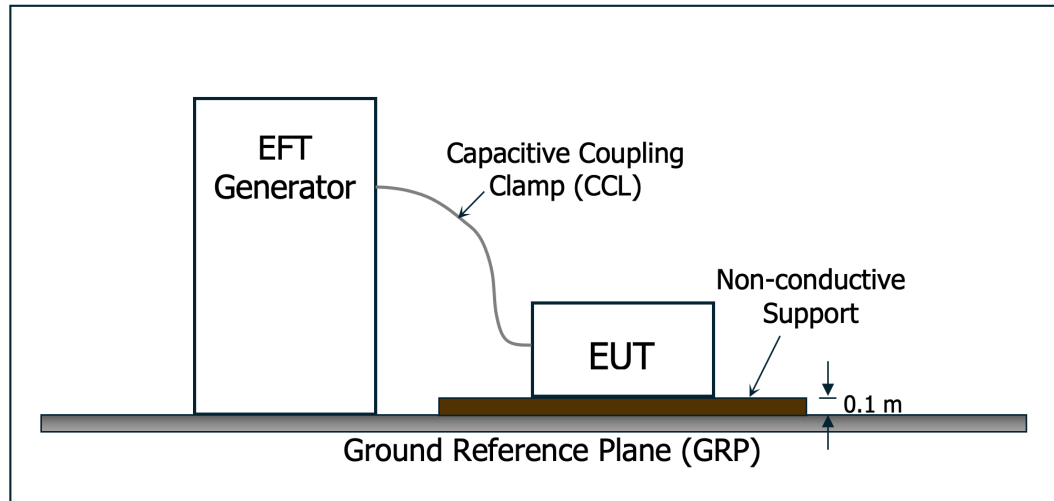
- 1.1 เพื่อกำหนดวิธีและขั้นตอนการทดสอบสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์สำหรับภูมิคุ้มกันภายใต้อิทธิพลของภาวะชั่วครู่อย่างรวดเร็วทางไฟฟ้าอย่างซ้ำ ๆ จากแหล่งจ่ายไฟฟ้า ช่องทางสัญญาณ และช่องทางควบคุม ตามข้อกำหนด EN 50121-3-2 และมีความสอดคล้องกับรายละเอียดเพิ่มเติมที่ระบุใน EN 61000-4-4 หรือ มอก.1454

2. อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 2.1 เครื่องทดสอบการระเบิดอย่างรวดเร็วด้วยไฟฟ้า (electrical fast transient/burst: EFT/B test generator)
2.2 เครือข่ายการแยกคัปปลิง (coupling/decoupling network – CDN)
2.3 แคลมป์ชนิดคาปาซิทีฟคัปปลิง (capacitive coupling clamp – CCL)

3. การติดตั้ง

- 3.1 การทดสอบในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีรายละเอียดการติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 14
- 3.1.1 ตัวอย่างทดสอบวางบนพื้นรองรับด้วยฉนวนที่ไม่นำไฟฟ้ามีความสูง $0.1\text{ m} \pm 0.01\text{ m}$ วางบนระนาบกราวด์อ้างอิง
- 3.1.2 ตัวอย่างทดสอบติดตั้งเข้ากับ AE เพื่อสร้างสภาวะการทำงานตามข้อกำหนดทางเทคนิค
- 3.1.3 ตัวอย่างทดสอบถูกติดตั้งห่างจากพื้นผิวที่นำไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 0.5 m
- 3.1.4 สำหรับการทดสอบการคัปปลิงสัญญาณ EFT สู่สายเพาเวอร์ให้ใช้ CDN โดยระยะห่างจาก EUT เท่ากับ 0.5 m
- 3.1.5 สำหรับการทดสอบการคัปปลิงสัญญาณ EFT สู่สายควบคุมให้ใช้ CCL โดยระยะห่างจาก EUT เท่ากับ 0.5 m
- 3.1.6 ความยาวของสายเพาเวอร์และสายสัญญาณระหว่าง EUT และ CDN/CCL เท่ากับ $0.5\text{ m} \pm 0.05\text{ m}$
- 3.2 การทดสอบนอกห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือการทดสอบในสถานที่จริง (on-site)
- 3.2.1 ดำเนินการติดตั้งให้สอดคล้องกับแนวทางการทดสอบในห้องปฏิบัติการทดสอบ



รูปที่ 14 การติดตั้งในห้องปิดกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

(ที่มา: ดัดแปลงจากมาตรฐาน EN 61000-4-4)

4. ข้อกำหนดการทดสอบ

4.1 กำหนดโหมดการทำงานปกติของตัวอย่างทดสอบ

4.2 เตรียมพารามิเตอร์ของการทดสอบดังนี้

4.2.1 กำหนดพอร์ตที่ทำการทดสอบ

4.2.2 กำหนดระดับแรงดันและสภาพชั่วไฟฟ้า อัตราการทำซ้ำ และช่วงเวลาทดสอบ

ตารางที่ 27 กรณีสอบภูมิคุ้มกันภาวะชั่วครู่อย่างรวดเร็วทางไฟฟ้า

พอร์ตที่ทดสอบ	รูปแบบของสัญญาณ EFT	ระดับแรงดันและสภาพชั่วไฟฟ้า	อัตราการทำซ้ำ	ช่วงเวลาทดสอบต่อสภาพชั่วไฟฟ้า
Auxiliary AC, Battery	5/50 ns	± 2 kV	5 kHz	50 s
Signal and communication, process measurement and control	5/50 ns	± 2 kV	5 kHz	50 s

4.3 เกณฑ์การยอมรับ (performance criteria)

ตารางที่ 28 สภาพการทำงานขั้นต่ำของ EUT ภายใต้การทดสอบภูมิคุ้มกันภาวะชั่วคราวอย่างรวดเร็วทางไฟฟ้า

ระดับ	คำอธิบาย	สภาพการทำงานของ EUT (EN 50121-3-2)
A	อุปกรณ์ภายใต้สภาวะการรบกวนสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง	☒
B	อุปกรณ์ภายใต้สภาวะการรบกวนทำงานต่ำกว่าปกติ ภายหลังสภาวะการรบกวนสามารถทำงานได้อย่างปกติ	☐
C	อุปกรณ์หยุดการทำงานชั่วคราวภายใต้สภาวะการรบกวนโดยสามารถกู้คืนได้อัตโนมัติหรือโดยการควบคุม	☐

5. ขั้นตอนการทดสอบ

- 5.1 จัดเตรียมตัวอย่างทดสอบโดยมีโหมดการทำงานปกติ
- 5.2 ทดสอบการรบกวนจากแรงดันไฟฟ้าเกินชั่วคราวแบบรวดเร็วตามพารามิเตอร์ของการทดสอบ
- 5.3 สังเกตและบันทึกการทำงานภายใต้สภาวะการรบกวนในทุกกรณีทดสอบ

6. กรณีทดสอบ

- 6.1 ดำเนินการตามข้อกำหนดการทดสอบที่ระบุ

ภาคผนวก ซ ภูมิคุ้มกันเลิร์จ (surge voltage)

หัวข้อ การทดสอบระดับอุปกรณ์ (onboard equipment level)

1. วัตถุประสงค์การทดสอบ

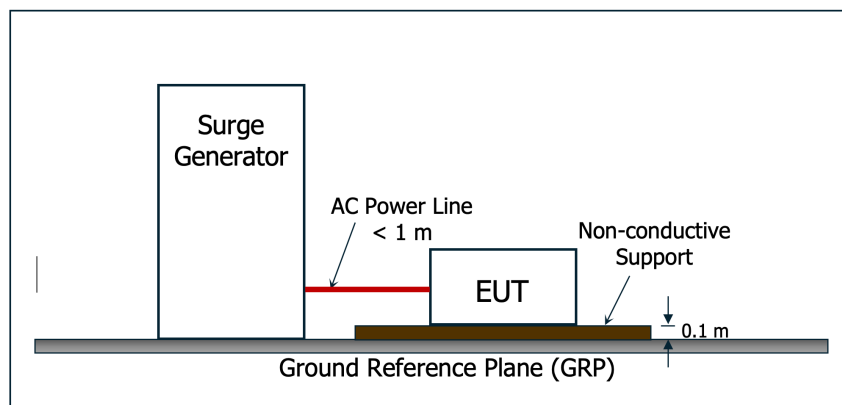
- 1.1 เพื่อกำหนดวิธีและขั้นตอนการทดสอบสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์สำหรับภูมิคุ้มกันต่อสัญญาณเลิร์จตามข้อกำหนด EN 50121-3-2 และมีความสอดคล้องกับรายละเอียดเพิ่มเติมที่ระบุใน EN 61000-4-5 หรือ มอก.1455

2. อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 2.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าคลื่นรวม/เลิร์จ (combination wave/surge generator)
- 2.2 เครือข่ายการแยกคัปปลิง (coupling/decoupling network – CDN)

3. การติดตั้ง

- 3.1 การทดสอบในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีรายละเอียดการติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 15
 - 3.1.1 ตัวอย่างทดสอบวางบนพื้นรองรับด้วยฉนวนที่ไม่นำไฟฟ้ามีความสูง $0.1\text{ m} \pm 0.01\text{ m}$ วางบนระนาบกราวด์อ้างอิง
 - 3.1.2 ตัวอย่างทดสอบติดตั้งเข้ากับ AE เพื่อสร้างสภาวะการทำงานตามข้อกำหนดทางเทคนิค
 - 3.1.3 ตัวอย่างทดสอบถูกติดตั้งห่างจากพื้นผิวที่นำไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 1 m
 - 3.1.4 สำหรับการทดสอบการคัปปลิงสัญญาณเลิร์จสู่สายเพาเวอร์ให้ใช้ CDN
 - 3.1.5 ความยาวของสายเพาเวอร์ระหว่าง EUT และ CDN ไม่เกิน 1 m
- 3.2 การทดสอบนอกห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือการทดสอบในสถานที่จริง (on-site)
 - 3.2.1 ดำเนินการติดตั้งให้สอดคล้องกับแนวทางการทดสอบในห้องปฏิบัติการทดสอบ



รูปที่ 15 การติดตั้งในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

(ที่มา: ดัดแปลงจากมาตรฐาน EN 61000-4-5)

4. ข้อกำหนดการทดสอบ

- 4.1 กำหนดโหมดการทำงานปกติของตัวอย่างทดสอบ
- 4.2 กำหนดคลื่นเอาต์พุตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าคลื่นรวม/เสิร์จเป็นชนิดแรงดันไฟฟ้าตอนวงจรเปิด (open-circuit voltage)
- 4.3 เตรียมพารามิเตอร์ของการทดสอบดังนี้
 - 4.3.1 กำหนดพอร์ตที่ทำการทดสอบ
 - 4.3.2 กำหนดระดับแรงดันและสภาพชั่วไฟฟ้า จำนวนพัลส์ และมุมเฟส

ตารางที่ 29 กรณีทดสอบภูมิคุ้มกันเสิร์จ

พอร์ตที่ทดสอบ	รูปแบบของสัญญาณเสิร์จ	แรงดันไฟฟ้าตอนวงจรเปิด	ระดับแรงดันและสภาพชั่วไฟฟ้า	จำนวนพัลส์ต่อสภาพชั่วไฟฟ้า	มุมเฟส (AC)
Auxiliary AC, Battery	1.2/50 μ s	Line to ground	± 2 kV	5	0°, 90°, 180°, 270°
		Line to line	± 1 kV	5	-

4.3 เกณฑ์การยอมรับ (performance criteria)

ตารางที่ 30 สภาพการทำงานขั้นต่ำของ EUT ภายใต้การทดสอบภูมิคุ้มกันเสิร์จ

ระดับ	คำอธิบาย	สภาพการทำงานของ EUT (EN 50121-3-2)
A	อุปกรณ์ภายใต้สภาวะการรบกวนสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง	☐
B	อุปกรณ์ภายใต้สภาวะการรบกวนทำงานต่ำกว่าปกติ ภายหลังสภาวะการรบกวนสามารถทำงานได้อย่างปกติ	☒
C	อุปกรณ์หยุดการทำงานชั่วขณะภายใต้สภาวะการรบกวนโดยสามารถกู้คืนได้อัตโนมัติหรือโดยการควบคุม	☐

5. ขั้นตอนการทดสอบ

- 5.1 จัดเตรียมตัวอย่างทดสอบโดยมีโหมดการทำงานปกติ
- 5.2 ทดสอบการรบกวนจากแรงดันไฟฟ้าเสิร์จตามพารามิเตอร์ของการทดสอบ
- 5.3 สังเกตและบันทึกการทำงานภายใต้สภาวะการรบกวนในทุกกรณีทดสอบ

6. กรณีทดสอบ

6.1 ดำเนินการตามข้อกำหนดการทดสอบที่ระบุ

ภาคผนวก ฅ ภูมิคุ้มกันต่อสัญญาณรบกวนที่นำตามสายซึ่งเหนี่ยวนำโดยสนามความถี่วิทยุ (RF conducted immunity)

หัวข้อ การทดสอบระดับอุปกรณ์ (onboard equipment level)

1. วัตถุประสงค์การทดสอบ

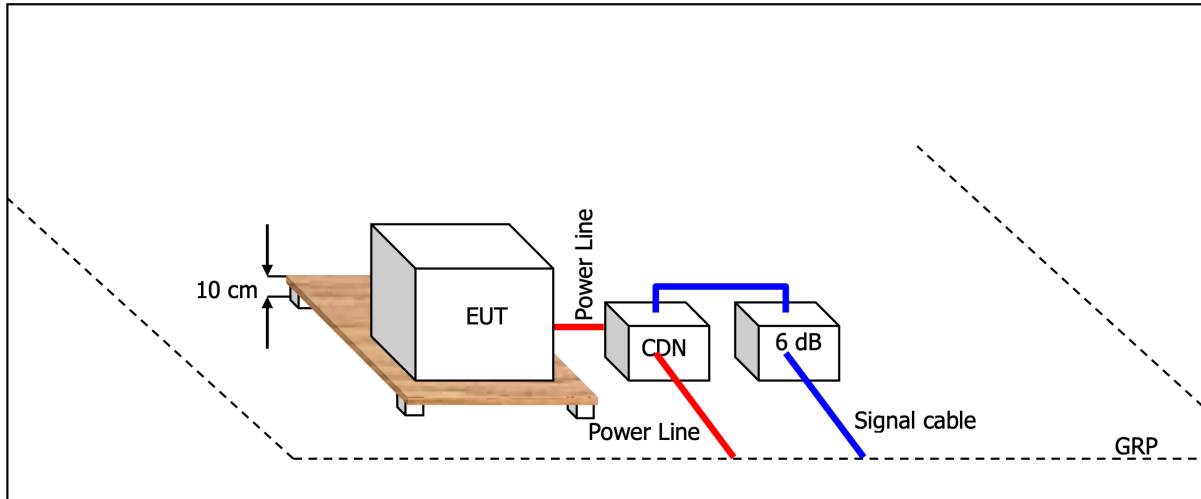
- 1.1 เพื่อกำหนดวิธีและขั้นตอนการทดสอบสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์สำหรับภูมิคุ้มกันต่อสัญญาณรบกวนที่นำตามสายซึ่งเหนี่ยวนำโดยสนามความถี่วิทยุตามข้อกำหนด EN 50121-3-2 และมีความสอดคล้องกับรายละเอียดเพิ่มเติมที่ระบุใน EN 61000-4-6 หรือ มอก.2394

2. อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 2.1 เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ (radio frequency generator)
- 2.2 เครือข่ายการแยกคัปปลิง (coupling/decoupling network – CDN)
- 2.3 แคลมป์ชนิดแม่เหล็กไฟฟ้า (EM clamp)

3. การติดตั้ง

- 3.1 การทดสอบในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีรายละเอียดการติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 16
 - 3.1.1 ตัวอย่างทดสอบวางบนพื้นรองรับด้วยฉนวนที่ไม่นำไฟฟ้ามีความสูง $0.1\text{ m} \pm 0.01\text{ m}$ วางบนระนาบกราวด์อ้างอิง
 - 3.1.2 ตัวอย่างทดสอบติดตั้งเข้ากับ AE เพื่อสร้างสภาวะการทำงานตามข้อกำหนดทางเทคนิค
 - 3.1.3 สายเพาเวอร์และสายสัญญาณถูกติดตั้งสูงจากพื้นผิวที่นำไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 30 mm ถึง 50 mm
 - 3.1.4 สายนำสัญญาณรบกวนเชื่อมต่อกับตัวลดทอนขนาด 6 dB ก่อนต่อเข้ากับ CDN หรือ EM clamp
 - 3.1.5 สำหรับการอินเจคต์สัญญาณรบกวนสู่ EUT ผ่านสายเพาเวอร์ให้ทดสอบด้วย CDN
 - 3.1.6 สำหรับการอินเจคต์สัญญาณรบกวนสู่ EUT ผ่านสายสัญญาณให้ทดสอบด้วย EM clamp
- 3.2 การทดสอบนอกห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือการทดสอบในสถานที่จริง (on-site)
 - 3.2.1 ดำเนินการติดตั้งให้สอดคล้องกับแนวทางการทดสอบในห้องปฏิบัติการทดสอบ



รูปที่ 16 การติดตั้งในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

(ที่มา: ดัดแปลงจากมาตรฐาน EN 61000-4-6)

4. ข้อกำหนดการทดสอบ

4.1 กำหนดโหมดการทำงานปกติของตัวอย่างทดสอบ

4.2 เตรียมพารามิเตอร์ของการทดสอบดังนี้

4.2.1 กำหนดพอร์ตที่ทำการทดสอบ

4.2.2 กำหนดช่วงความถี่ ข้อกำหนดการทดสอบ เช่น ระดับสนามไฟฟ้า รูปแบบและความถี่การมอดูเลตคลื่นไซน์

ตารางที่ 31 กรณีทดสอบภูมิคุ้มกันต่อสัญญาณรบกวนที่นำตามสายซึ่งเหนี่ยวนำโดยสนามความถี่วิทยุ

พอร์ตที่ทดสอบ	ความถี่	ข้อกำหนดการทดสอบ
Auxiliary AC, Battery	0.15 MHz - 80 MHz	10 V/m (rms) 80 % AM, 1 kHz
Signal and communication, process measurement and control	0.15 MHz - 80 MHz	10 V/m (rms) 80 % AM, 1 kHz

4.3 เกณฑ์การยอมรับ (performance criteria)

ตารางที่ 32 สภาพการทำงานขั้นต่ำของ EUT ภายใต้การทดสอบภูมิคุ้มกันต่อสัญญาณรบกวนที่นำตามสายซึ่งเหนี่ยวนำโดยสนามความถี่วิทยุ

ระดับ	คำอธิบาย	สภาพการทำงานของ EUT (EN 50121-3-2)
A	อุปกรณ์ภายใต้สภาวะการรบกวนสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง	☒
B	อุปกรณ์ภายใต้สภาวะการรบกวนทำงานต่ำกว่าปกติ ภายหลังจากสภาวะการรบกวนสามารถทำงานได้อย่างปกติ	☐
C	อุปกรณ์หยุดการทำงานชั่วคราวภายใต้สภาวะการรบกวนโดยสามารถกู้คืนได้อัตโนมัติหรือโดยการควบคุม	☐

5. ขั้นตอนการทดสอบ

- 5.1 จัดเตรียมตัวอย่างทดสอบโดยมีโหมดการทำงานปกติ
- 5.2 ทดสอบการรบกวนคลื่นวิทยุผ่านสายตัวนำไฟฟ้าตามพารามิเตอร์ของการทดสอบ
- 5.3 สังเกตและบันทึกการทำงานภายใต้สภาวะการรบกวนในทุกกรณีทดสอบ

6. กรณีทดสอบ

- 6.1 ดำเนินการตามข้อกำหนดการทดสอบที่ระบุ