(ร่าง) มาตรฐานการทดสอบสถานีชาร์จแบตเตอรี่สำหรับรถขนส่งทางรางที่ใช้พลังงานขับเคลื่อนจากแบตเตอรี่

สารบัญ

		หน้า
1.	บทนำ	1
	1.1 ขอบข่าย	1
2.	มาตรฐานอ้างถึง	1
3.	นิยาม	4
4.	รายการเครื่องมือและอุปกรณ์	8
5.	การเตรียมความพร้อมของเครื่องมือและอุปกรณ์	9
6.	การเปรียบเทียบความถูกต้อง และ การตั้งค่าการตรวจวัดของเครื่องมือทดสอบ	9
	6.1 เปรียบเทียบความถูกต้องของเครื่องมือวัด	9
	6.2 ตั้งค่าการตรวจวัดของเครื่องมือวัด	10
	6.3 ตั้งค่าการชักตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจวัด	10
7.	คุณสมบัติการทดสอบ	10
	7.1 ขอบเขต	10
	7.2 ประเภทของการทดสอบ	11
	7.3 ข้อกำหนดทั่วไป	15
	7.4 การทดสอบความปลอดภัย	18
	7.5 การทดสอบประสิทธิภาพ	31
	7.6 การทดสอบการทำงานร่วมกัน	32
	7.7 การทดสอบการใช้งาน	38
	7.8 การทดสอบความคงทนทางกายภาพ	38
8.	การตรวจผลการวัดคุณสมบัติ	52
9.	การคำนวณผลการตรวจวัด	52
10.	การจัดทำรายงานผล และสรุปผล	52
	10.1 การรายงานค่าที่ได้จากการทดสอบ	53
	10.2 การสรุปผล	53
	10.3 เกณฑ์การยอมรับ	53
11.	เอกสารอ้างอิง	58
ภาคผนวก ก สรุปมาตรการการป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าช็อก		ก - 1
ภาคผนวก ข เงื่อนไขการทดสอบแรงดันอิมพัลส์		ข - 1
ภาคผนวก ค เงื่อนไขการทดสอบความคงทนไดอิเล็กตริกของฉนวน		ค - 1

ภาคผนวก ง เงื่อนไขการทดสอบการดิสชาร์จบางส่วน ง - 1
ภาคผนวก จ ตัวอย่างการติดตั้งวงจรการทดสอบภูมิคุ้มกันจากแรงดันไฟฟ้าดิ่งลงและขาดหายไปเป็นระยะเวลาสั้น ๆ จ - 1
ภาคผนวก ฉ ข้อกำหนดเกี่ยวกับภูมิคุ้มกันสำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้า (PCE) ชั้น A ฉ - 1
ภาคผนวก ช ตัวอย่างวงจรทดสอบข้อกำหนดการปล่อยคลื่นความถี่ต่ำ ช - 1
ภาคผนวก ซ ขีดจำกัดของแรงดันรบกวนที่พอร์ตไฟฟ้าสำหรับการทดสอบการวัดการรบกวนจากการนำ ซ - 1
ภาคผนวก ฌ ขีดจำกัดการรบกวนการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับการทดสอบการรบกวนจากการแผ่รังสี ฌ - 1
ภาคผนวก ญ พื้นที่การดัดของสายไฟจากขั้วต่อไปยังสิ่งกีดขวาง ญ - 1

1. บทนำ

รถขนส่งทางรางที่ใช้พลังงานขับเคลื่อนจากแบตเตอรี่ (Battery Electric Train) เป็นรถขนส่งทางรางที่ไม่ต้องใช้ระบบจ่ายไฟฟ้าจากภายนอกในการจ่ายไฟเข้าสู่ตัวรถ หรือรถขนส่งทางรางที่สามารถใช้พลังงานจากระบบจ่ายไฟฟ้าภายนอกร่วมกับแบตเตอรี่ที่ติดตั้งบนตัวรถ เหมาะสำหรับเส้นทางเดินรถที่ไม่สามารถติดตั้งระบบจ่ายไฟฟ้าได้ ระบบขับเคลื่อนของรถขนส่งทางรางประเภทนี้ต้องติดตั้งแบตเตอรี่ที่มีพิกัดกำลังไฟฟ้าเพียงพอต่อความต้องการของการเดินรถ และสามารถจ่ายไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ ต้องมีการจัดให้มีสถานีชาร์จแบตเตอรี่ในตำแหน่งที่เหมาะสม การเลือกใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานบนตัวรถ และการเลือกใช้อุปกรณ์แปลงพลังงานสำหรับการชาร์จ ต้องเลือกใช้อุปกรณ์ที่เป็นไปตามมาตรฐาน มีความปลอดภัยและมีความน่าเชื่อถือ เพื่อให้การใช้งานรถขนส่งทางรางที่ใช้พลังงานขับเคลื่อนจากแบตเตอรี่มีประสิทธิภาพสูง ลดความเสี่ยงจากความล้มเหลวของระบบ

ด้วยเหตุนี้ จึงได้มีการจัดทำมาตรฐานการทดสอบสถานีชาร์จแบตเตอรี่สำหรับรถขนส่งทางรางที่ใช้พลังงานขับเคลื่อนจากแบตเตอรี่ โดยอ้างอิงมาตรฐานสากลและคำนึงถึงความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้ในประเทศไทย รวมถึงมีการพิจารณาความสอดคล้องกับมาตรฐานแห่งชาติที่เกี่ยวข้อง เพื่อรองรับการผลิตและการติดตั้งสถานีชาร์จแบตเตอรี่และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องให้มีความปลอดภัยและมีความน่าเชื่อถือ สามารถตรวจสอบประสิทธิภาพเพื่อรับประกันคุณภาพการใช้งานของอุปกรณ์และสถานีชาร์จแบตเตอรี่ และลดความเสี่ยงจากความล้มเหลวซึ่งอาจก่อให้เกิดการหยุดทำงานและผลกระทบด้านความปลอดภัยของระบบขนส่งทางราง

1.1 ขอบข่าย

1.1.1 มาตรฐานฉบับนี้ครอบคลุมถึงแนวทางการปฏิบัติของการทดสอบสถานีชาร์จแบตเตอรี่สำหรับรถขนส่งทางรางที่ใช้พลังงานขับเคลื่อนจากแบตเตอรี่ เพื่อการใช้งานในประเทศไทย

1.1.2 มาตรฐานฉบับนี้ใช้สำหรับการทดสอบเพื่อรองรับการผลิต และติดตั้งสถานีชาร์จแบตเตอรี่ สำหรับระบบขนส่งทางรางต่าง ๆ เช่น รถไฟระหว่างเมือง รถไฟชานเมือง และรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน

1.1.3 การปฏิบัติตามมาตรฐานฉบับนี้ไม่ได้เป็นการรับรองความปลอดภัย โดยความปลอดภัยจากการใช้มาตรฐานฉบับนี้เป็นความรับผิดชอบของผู้ใช้มาตรฐาน

2. มาตรฐานอ้างถึง

2.1 มอก. 2603 เล่ม 2 ความปลอดภัยของตัวแปลงผันกำลังไฟฟ้า สำหรับใช้ในระบบกำลังไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ เล่ม 2 คุณลักษณะที่ต้องการเฉพาะสำหรับตัวผกผัน

2.2 มอก. 62109 เล่ม 3 ความปลอดภัยของคอนเวอร์เตอร์สำหรับใช้ในระบบกำลังไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ - เล่ม 3 ข้อกำหนดเฉพาะสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

2.3 มอก. 1452 เล่ม 4 เทคนิคการทดสอบและการวัด ส่วนที่ 2 การทดสอบภูมิคุ้มกันการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต

2.4 มอก. 61000 เล่ม 4(3) ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMC) - เล่ม 4(3) เทคนิคการทดสอบและการวัด ส่วนที่ 3 – การทดสอบภูมิคุ้มกันสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่วิทยุแผ่ออก

2.5 มอก. 60990 วิธีการวัดค่ากระแสไฟฟ้าแตะและกระแสไฟฟ้าผ่านตัวนำป้องกัน

2.6 มอก. 513 ระดับชั้นการป้องกันของเปลือกหุ้มบริภัณฑ์ไฟฟ้า (รหัส IP)

2.7 มอก. 60320 เล่ม 1 คู่เต้าต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าสำหรับใช้ในที่อยู่อาศัยและจุดประสงค์ทั่วไปที่คล้ายกัน เล่ม 1 ข้อกำหนดทั่วไป

2.8 มอก. 955 เล่ม 1 สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนยาง แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 450/750 โวลต์ เล่ม 1 ข้อกำหนดทั่วไป

2.9 มอก. 11 เล่ม 1 สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนพอลิไวนิลคลอไรด์ แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 450/750 โวลต์ เล่ม 1 ข้อกำหนดทั่วไป

2.10 มอก. 1454 ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า เล่ม 4 เทคนิคการทดสอบและการวัดส่วนที่ 4 การทดสอบภูมิคุ้มกันภาวะชั่วครู่/เบิร์สอย่างเร็วทางไฟฟ้า

2.11 มอก. 1455 ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า เล่ม 4 เทคนิคการทดสอบและการวัด ส่วนที่ 5 การทดสอบภูมิคุ้มกันเสิร์จ

2.12 มอก. 61000 เล่ม 4(6) ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า เล่ม 4 เทคนิคการทดสอบและการวัด ส่วนที่ 6 ภูมิคุ้มกันต่อสัญญาณรบกวนที่นำตามสายซึ่งเหนี่ยวนำโดยสนามความถี่วิทยุ

2.13 มอก. 61000 เล่ม 4(11) ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า เล่ม 4 เทคนิคการทดสอบและการวัด ส่วนที่ 11 การทดสอบภูมิคุ้มกันเมื่อแรงดันไฟฟ้าดิ่งลง ขาดหายไปเป็นระยะเวลาสั้น ๆ และแรงดันไฟฟ้าแปรเปลี่ยน สำหรับบริภัณฑ์ที่มีกระแสไฟฟ้าขาเข้าสูงสุด 16 A ต่อเฟส

2.14 มอก. 61000 เล่ม 3(2) ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า เล่ม 3(2) ขีดจำกัด - ขีดจำกัดสำหรับสัญญาณปล่อยซึ่งเป็นกระแสฮาร์มอนิก (กระแสไฟฟ้าเข้าของบริภัณฑ์ ≤16 A ต่อเฟส)

2.15 มอก. 61000 เล่ม 3(3) ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMC) - เล่ม 3(3) ขีดจำกัด - ขีดจำกัดสำหรับการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า การกระเพื่อมแรงดันไฟฟ้าและ การกะพริบ ในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าแรงดันต่ำสาธารณะสำหรับบริภัณฑ์ที่มี กระไฟฟ้าที่กำหนด ≤ 16 A ต่อเฟส และไม่ขึ้นอยู่กับการต่อแบบมีเงื่อนไข

2.16 มอก. 2484 ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า เล่ม 3-11 ขีดจำกัด - ขีดจำกัดของการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าการกระเพื่อมของแรงดันไฟฟ้าและการกะพริบ ในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าแรงดันต่ำสาธารณะ - บริภัณฑ์ที่มีกระแสไฟฟ้าที่กำหนด ≤75 A และขึ้นอยู่กับการต่อแบบมีเงื่อนไข

2.17 IEC 60695 Fire hazard testing

2.18 ISO 3746 Acoustics - Determination of Sound Power Levels and Sound Energy Levels of Noise Sources Using Sound Pressure - Survey Method Using an Enveloping Measurement Surface Over a Reflecting Plane

2.19 ISO 9614 Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity

2.20 IEC 61000-3-12 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-12: Limits - Limits for harmonic currents produced by equipment connected to public low-voltage systems with input current >16 A and ≤ 75 A per phase

2.21 IEC TR 61000-3-6 Electromagnetic compatibility (EMC) - Assessment of emission limits for distorting loads in MV and HV networks

2.22 EN 50121-3-2 Railway applications - Electromagnetic compatibility - Rolling stock, apparatus

2.23 EN 55011 Industrial, scientific and medical equipment - Radio-frequency disturbance characteristics - Limits and methods of measurement

2.24 IEC 60309 Plugs, socket-outlets and couplers for industrial purposes

2.25 ISO 261 ISO general purpose metric screw threads - General plan

2.26 ISO 262 ISO general purpose metric screw threads - Selected sizes for screws, bolts and nuts

2.27 IEC 60216-1 Electrical insulating materials - Thermal endurance properties - Part 1: Ageing procedures

2.28 IEC 60216-2 Electrical insulating materials - Thermal endurance properties - Part 2: Choice of test criteria

2.29 IEC 60216-3 Electrical insulating materials - Thermal endurance properties - Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics

2.30 IEC 60216-5 Electrical insulating materials - Thermal endurance properties - Part 5: Determination of relative thermal endurance index

2.31 IEC 60216-6 Electrical insulating materials - Thermal endurance properties - Part 6: Statistical methods

2.32 ANSI/UL 746B Polymeric materials - Longterm property evaluations

2.33 ANSI/UL 746C Polymeric materials - Use in electrical equipment evaluations

2.34 IEC 60664-1 Insulation coordination for equipment within low-voltage systems

2.35 IEC TR 61000-3-14 Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 3-14: Assessment of Emission Limits for Harmonics, Interharmonics, Voltage Fluctuations and Unbalance for the Connection of Disturbing Installations to LV Power Systems

2.36 IEC 61000-4-34 Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 4-34: Testing and Measurement Techniques - Voltage Dips, Short Interruptions and Voltage Variations Immunity Tests for Equipment with Input Current More than 16 A Per Phase

2.37 IEC 61000-3-5 Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 3-5: Limits – Limitation of voltage fluctuations and flicker in low voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 75 A

2.38 IEC 60664-1 Insulation coordination for equipment within low-voltage supply systems - Part 1: Principles, requirements and tests

2.39 สทร. EC-6001 มาตรฐานวิธีการทดสอบความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับระบบขับเคลื่อนตัวรถไฟ

มาตรฐานอ้างถึงในมาตรฐานฉบับนี้ให้ใช้ฉบับล่าสุด แต่ทั้งนี้ต้องไม่ขัดแย้งกับมาตรฐานฉบับนี้

3. นิยาม

“การทดสอบเฉพาะแบบ” (type test) หมายถึง การทดสอบอุปกรณ์หนึ่งชิ้นหรือมากกว่าที่ผลิตตามการออกแบบเฉพาะเพื่อแสดงว่าออกแบบนั้นตรงตามข้อกำหนดที่กำหนดไว้

“การทดสอบประจำ” (routine test) หมายถึง การทดสอบอุปกรณ์แต่ละชิ้นในระหว่างหรือหลังการผลิต เพื่อยืนยันว่าอุปกรณ์นั้นยังคงเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

“การปรับเทียบ” (adjusting calibration) หมายถึง การใช้มาตรฐานการวัดเพื่อกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่แสดงจากเครื่องมือวัดและค่าจริง สามารถรับประกันความน่าเชื่อถือของเครื่องมือวัดได้จากการปรับเทียบตามมาตรฐานการวัด

“การสอบเทียบ" (calibration) หมายถึง การปฏิบัติการเปรียบเทียบผลการวัดของเครื่องมือวัดที่ไม่ทราบค่าความถูกต้องกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์มาตรฐานที่ทราบค่าความถูกต้อง เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างกันและรายงานผล รวมทั้งปรับแต่งเครื่องมือวัดในกรณีที่ผลการตรวจวัดผิดไปจากเกณฑ์ที่กำหนด

“การเชื่อมต่อศักย์เท่าเทียมกัน” (equipotential bonding) หมายถึง การเชื่อมต่อทางไฟฟ้าระหว่างอุปกรณ์หรือส่วนต่าง ๆ เพื่อทำให้ศักย์ทางไฟฟ้ามีความเท่าเทียมกัน

“การแยกเชิงป้องกัน” (protective separation) หมายถึง การแยกระหว่างวงจรที่มีระดับการป้องกันที่แตกต่างกัน โดยใช้ฉนวนมูลฐานและฉนวนเสริม การคั่นเชิงป้องกัน หรือโดยการจัดเตรียมการป้องกันที่เทียบเท่า (เช่น ฉนวนเสริมพิเศษ หรืออิมพีแดนซ์เชิงป้องกัน)

“ความสามารถในการสอบย้อนกลับได้” (traceability) หมายถึง สมบัติของผลการวัดที่สามารถโยงไปกับมาตรฐานแห่งชาติที่เป็นที่ยอมรับโดยการเปรียบเทียบกันอย่างไม่ขาดช่วงเป็นลูกโซ่ และจะต้องรายงานค่าความไม่แน่นอนของการวัดได้ด้วย

“ฉนวนมูลฐาน” (basic insulation) หมายถึง ฉนวนที่ให้ระดับการป้องกันไฟฟ้าช็อกภายใต้เงื่อนไขที่ปราศจากความผิดพร่อง

“ฉนวนเสริม” (reinforced insulation) หมายถึง ระบบฉนวนเดี่ยวที่ให้ระดับการป้องกันไฟฟ้าช็อกเทียบเท่ากับฉนวนสองชั้น

“ฉนวนสองชั้น” (double insulation) หมายถึง ฉนวนที่ประกอบด้วยฉนวนมูลฐานและฉนวนเสริม

“ฉนวนเพิ่มเติม” (supplementary insulation) หมายถึง ฉนวนที่ติดตั้งเพิ่มเติมจากฉนวนมูลฐานเพื่อให้แน่ใจว่ายังคงมีการป้องกันไฟฟ้าช็อกได้ในกรณีที่ฉนวนมูลฐานล้มเหลว

“ฉนวนตามหน้าที่” (functional insulation) หมายถึง ฉนวนระหว่างส่วนนำกระแสไฟฟ้าที่มีศักย์ต่างกัน ซึ่งจำเป็นต่ออุปกรณ์เพื่อให้ทำหน้าที่ได้ถูกต้องเท่านั้น

“ตู้ครอบหรือตัวครอบ” (enclosure) หมายถึง ส่วนของอุปกรณ์ที่ล้อมรอบหรือห่อหุ้มส่วนประกอบภายใน เพื่อการป้องกันผลกระทบจากภายนอก การแพร่กระจายของเพลิงไหม้ หรือการเข้าถึงภัยอันตราย

“พอร์ต” (port) หมายถึง ตำแหน่งที่อนุญาตให้มีการเข้าถึงอุปกรณ์หรือเครือข่ายที่สามารถจ่ายหรือรับพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าหรือสัญญาณ หรือเป็นตำแหน่งที่สามารถสังเกตหรือวัดตัวแปรของอุปกรณ์หรือเครือข่ายได้

“พอร์ตกำลังไฟฟ้ากระแสตรง” (DC power port) หมายถึง พอร์ตที่ใช้เชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงแรงต่ำในบริเวณใกล้เคียงหรืออุปกรณ์เก็บพลังงานไฟฟ้า

“พอร์ตกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเสริม” (auxiliary DC power port) หมายถึง พอร์ตพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงแรงต่ำเพิ่มเติม สำหรับวัตถุประสงค์อื่นที่ไม่ใช่การจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับหรืออุปกรณ์เก็บพลังงานไฟฟ้า

“พอร์ตกำลังไฟฟ้าหลักกระแสสลับ” (AC mains power port) หมายถึง พอร์ตที่ใช้เชื่อมต่อกับเครือข่ายพลังงานไฟฟ้าแรงต่ำสาธารณะหรือ แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันต่ำอื่น ๆ

“พอร์ตกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเสริม” (auxiliary AC power port) หมายถึง พอร์ตกำลังไฟฟ้ากระแสสลับแรงต่ำเพิ่มเติม สำหรับวัตถุประสงค์อื่นที่ไม่ใช่การจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ

“พอร์ตสัญญาณและควบคุม” (signal and control port) หมายถึง พอร์ตที่มีไว้สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างส่วนประกอบของอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้า (PCE) หรือระหว่าง PCE และอุปกรณ์เสริมภายใน และใช้ตามหน้าที่การทำงานที่เกี่ยวข้อง

“พอร์ตเครือข่ายแบบมีสาย” (wired network port) หมายถึง จุดการเชื่อมต่อสำหรับการถ่ายโอนเสียง ข้อมูล และสัญญาณที่มีไว้สำหรับการเชื่อมต่อระบบที่กระจายอยู่ในวงกว้างด้วยการเชื่อมต่อโดยตรงกับเครือข่ายการสื่อสารแบบผู้ใช้เดี่ยวหรือหลายผู้ใช้

“พอร์ตเครือข่ายไฟฟ้าเทียมกระแสตรง” (artificial DC network: DC-AN) หมายถึง เครือข่ายที่สร้างขึ้นสำหรับนำมาเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เพื่อระบุตำแหน่งสิ้นสุดของพอร์ตของอุปกรณ์ที่ทดสอบ รวมถึงช่วยแยกวงจรการทดสอบออกจากการรบกวนที่เกิดจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันต่ำในห้องปฏิบัติการ

“พอร์ตเครือข่ายไฟฟ้าหลักเทียม” (artificial mains network: AMN) หมายถึง เครือข่ายที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์เพื่อให้ค่าความต้านทานเป็นไปตามที่กำหนดไว้สำหรับอุปกรณ์ที่ทดสอบ (EUT) ที่ความถี่วิทยุ เชื่อมต่อกับแรงดันรบกวนเข้าสู่เครื่องรับสัญญาณการวัด และแยกวงจรทดสอบออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำกระแสสลับ

“พื้นที่ทำงานที่ปิด” (closed electrical operating area) หมายถึง ห้องหรือสถานที่สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่การเข้าถึงถูกจำกัดเฉพาะบุคคลที่มีทักษะหรือได้รับคำแนะนำ

“ระยะห่างปลอดภัย” (clearance) หมายถึง ระยะทางในอากาศที่สั้นที่สุดระหว่างส่วนที่นำไฟฟ้าได้สองส่วน

“ระยะห่างตามผิวฉนวน” (creepage distance) หมายถึง ระยะทางที่สั้นที่สุดตามพื้นผิวของวัสดุฉนวนระหว่างส่วนที่นำไฟฟ้าได้สองส่วน

“แรงดันตัดสิน” (decisive voltage) หมายถึง แรงดันของวงจรที่เป็นแรงดันสูงสุดที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องระหว่างส่วนสองส่วนใด ๆ ของอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้า (PCE) เมื่อถูกใช้งานตามพิกัดในกรณีที่เลวร้ายที่สุด

“แรงดันไฟฟ้าต่ำ” (low voltage, LV) หมายถึง ชุดระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการกระจายพลังงานไฟฟ้า ซึ่งมีค่าขีดจำกัดโดยทั่วไปอยู่ที่ 1,000 โวลต์กระแสสลับ หรือ 1,500 โวลต์กระแสตรง

“แรงดันไฟฟ้าต่ำพิเศษเชิงป้องกัน” (protective extra-low voltage, PELV) หมายถึง ระดับแรงดันไฟฟ้าไม่เกินค่าของแรงดันต่ำพิเศษ พิจารณาสำหรับระบบไฟฟ้าภายใต้สภาวะปกติ และภายใต้สภาวะความผิดพร่องเดี่ยว ยกเว้นความผิดพร่องลงดินในวงจรไฟฟ้าอื่น

“แรงดันไฟฟ้าต่ำพิเศษเพื่อความปลอดภัย” (safety extra-low voltage, SELV) หมายถึง ระดับแรงดันไฟฟ้าไม่เกินค่าของแรงดันต่ำพิเศษ พิจารณาสำหรับระบบไฟฟ้าภายใต้สภาวะปกติ และ ภายใต้สภาวะความผิดพร่องเดี่ยว รวมถึงความผิดพร่องลงดินในวงจรไฟฟ้าอื่น

“แรงดันไฟฟ้าปานกลาง” (medium voltage, MV) หมายถึง ชุดระดับแรงดันไฟฟ้าใด ๆ ที่อยู่ระหว่างแรงดันไฟฟ้าต่ำ และแรงดันไฟฟ้าสูง

“แรงดันไฟฟ้าสูง” (high voltage, HV) หมายถึง ชุดระดับแรงดันไฟฟ้าที่เกินกว่าแรงดันไฟฟ้าต่ำ หรือในความหมายเฉพาะ ชุดระดับแรงดันไฟฟ้าสูงที่ใช้ในระบบไฟฟ้าสำหรับการส่งกำลังไฟฟ้า

“รถขนส่งทางรางที่ใช้พลังงานขับเคลื่อนจากแบตเตอรี่” (battery electric train) หมายถึง รถขนส่งทางรางที่ไม่ต้องใช้ระบบจ่ายไฟฟ้าจากภายนอกในการจ่ายไฟเข้าสู่ตัวรถ หรือรถขนส่งทางรางที่สามารถใช้พลังงานจากระบบจ่ายไฟฟ้าภายนอกร่วมกับแบตเตอรี่ที่ติดตั้งบนตัวรถ

“สภาวะความผิดพร่องเดี่ยว” (single fault condition) หมายถึง สภาวะที่การป้องกันต่ออันตรายด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งเกิดข้อบกพร่อง หรือเกิดข้อผิดพลาดเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดผลกระทบต่ออุปกรณ์

“สภาพแวดล้อมที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย” (non-residential environment) หมายถึง สภาพแวดล้อมที่มีเครือข่ายระบบไฟฟ้าแยกต่างหาก ซึ่งรับพลังงานไฟฟ้ามาจากหม้อแปลงไฟฟ้าที่ติดตั้งเฉพาะ หรือหม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันสูงหรือแรงดันปานกลาง

“สภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัย” (residential environment) หมายถึง สภาพแวดล้อมที่อุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าแรงดันต่ำกระแสสลับสาธารณะโดยตรง

“ส่วนประดับ” (decorative part) หมายถึง ส่วนของอุปกรณ์ที่อยู่ภายนอกตัวเครื่องที่ไม่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับด้านความปลอดภัย

“หมวดหมู่สภาพแวดล้อม” (environmental category) หมายถึง ชุดเงื่อนไขสภาวะสิ่งแวดล้อมในบริเวณที่อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้า (PCE) ได้รับการติดตั้งไว้

“อิมพีแดนซ์เชิงป้องกัน” (protective impedance) หมายถึง ส่วนประกอบ หรือการรวมกันของฉนวนมูลฐานและอุปกรณ์จำกัดกระแสหรือแรงดัน ซึ่งมีค่าความต้านทานหรืออิมพีแดนซ์ที่เมื่อเชื่อมต่อระหว่างชิ้นส่วนที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่เข้าถึงได้และชิ้นส่วนที่มีอันตรายจากไฟฟ้ากระแสสูง สามารถป้องกันอันตรายจากแรงดันได้ในระดับที่มาตรฐานฉบับนี้กำหนดภายใต้สภาวะปกติและสภาวะความผิดพร่องเดี่ยว

“อุปกรณ์ต่อเข้าโดยตรง” (direct plug-in equipment) หมายถึง อุปกรณ์ที่มีเต้าเสียบไฟฟ้าเป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์เพื่อให้อุปกรณ์ได้รับพลังงานไฟฟ้าจากระบบจ่ายไฟ

“อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้า” (power conversion equipment, PCE) หมายถึง อุปกรณ์ไฟฟ้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้ารูปแบบหนึ่งไปเป็นพลังงานไฟฟ้าอีกรูปแบบหนึ่งที่มีความแตกต่างกันในแง่ของแรงดัน กระแส และความถี่

“อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้า แรงดันปานกลาง” (power conversion equipment – medium voltage, PCE-MV) หมายถึง อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้า (PCE) รวมถึงหม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันปานกลาง

“อุปกรณ์เก็บพลังงานไฟฟ้า” (electrical energy storage devices) หมายถึง อุปกรณ์ที่สามารถดูดซับพลังงานไฟฟ้า เก็บไว้ในช่วงเวลาหนึ่ง และปล่อยพลังงานไฟฟ้าออกมา

“อุปกรณ์และระบบอิเล็กทรอนิกส์กำลังสูง” (high power electronic equipment and system) หมายถึง อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้า หนึ่งชิ้นหรือมากกว่าที่มีพิกัดกำลังที่ระบุรวมกันเกินกว่า 75 กิโลโวลต์แอมแปร์ (kVA) หรือระบบที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังกล่าว

“อุปกรณ์ที่อยู่ระหว่างการทดสอบ” (equipment under test, EUT) หมายถึง อุปกรณ์หรือส่วนของอุปกรณ์ที่กำลังถูกทดสอบ

4. รายการเครื่องมือและอุปกรณ์

4.1 เครื่องมือสำหรับการทดสอบทั่วไป

(1) มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล (digital multimeter)

(2) ออสซิลโลสโคป (oscilloscope)

(3) เครื่องทดสอบค่าไดอิเล็กทริก (dielectric tester)

(4) เครื่องทดสอบความต่อเนื่องของระบบการต่อลงดิน (earth continuity tester)

(5) อุปกรณ์สำหรับการวัดค่าอุณหภูมิ (temperature measuring devices)

4.2 เครื่องมือสำหรับการวัดค่ากระแสสัมผัส (touch current measurement tester)

(1) เครื่องทดสอบกระแสสัมผัส (touch current tester)

(2) วงจรตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ สำหรับจำลองค่าอิมพีแดนซ์ของร่างกายมนุษย์

4.3 เครื่องมือสำหรับการทดสอบการต่อลงดิน (protective earthing tester)

(1) เครื่องทดสอบความต่อเนื่องของระบบการต่อลงดิน (earth continuity tester)

(2) แคลมป์มิเตอร์ (clamp meter)

(3) แหล่งจ่ายกระแสค่าสูง (high-current source)

4.4 เครื่องมือสำหรับการทดสอบความต้านทานของฉนวนไฟฟ้า (insulation resistance tester)

(1) เครื่องทดสอบความต้านทานของฉนวน (insulation resistance tester) หรือเมกะโอห์มมิเตอร์ (megaohmmeter)

4.5 เครื่องมือสำหรับการทดสอบไฟฟ้าแรงดันสูง (high voltage or dielectric strength tester)

(1) เครื่องทดสอบแรงดันไฟฟ้าสูง (high voltage tester)

(2) เครื่องทดสอบการเบรกดาวน์ของฉนวน (dielectric breakdown tester)

4.6 เครื่องมือสำหรับการทดสอบแรงดันอิมพัลส์ (impulse voltage tester)

(1) แหล่งจ่ายแรงดันแบบอิมพัลส์ (impulse voltage generator)

(2) เครื่องทดสอบแรงดันเสิร์จ (surge tester)

4.7 เครื่องมือสำหรับการทดสอบวัฏจักรอุณหภูมิ (thermal cycling tester)

(1) ห้องควบคุมสภาวะแวดล้อม (environmental chamber)

(2) เทอร์โมคัปเปิล (thermocouples)

4.8 เครื่องมือสำหรับทดสอบการกระแทกทางกล (mechanical impact tester)

(1) เครื่องทดสอบการกระแทก (impact tester)

4.9 เครื่องมือสำหรับการทดสอบโหลดเกินและการลัดวงจร (overload and short-circuit tester)

(1) โหลดทางไฟฟ้าแบบปรับค่าได้ (variable load bank)

(2) เครื่องทดสอบการลัดวงจร (short-circuit generator)

4.10 เครื่องมือทดสอบแรงดันไฟฟ้าช็อก (electric shock tester)

(1) นิ้วทดสอบ (test finger) และหมุดทดสอบ (test pin)

4.11 เครื่องมือทดสอบความเข้ากันได้ทางสนามแม่เหล็ก (EMC tester)

(1) เครื่องมือวัดและชุดวงจรทดสอบภูมิคุ้มกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (immunity test equipment)

(2) เครื่องมือวัดและชุดวงจรทดสอบการปล่อยคลื่น (emission test equipment)

5. การเตรียมความพร้อมของเครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกรณ์ต้องถูกเตรียมให้พร้อมก่อนเริ่มการทดสอบ โดยให้ปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิตเครื่องมือทดสอบและอุปกรณ์อย่างเคร่งครัด รวมถึงเครื่องมือวัดที่ต้องใช้ร่วมกับเครื่องทดสอบจะต้องมีการสอบเทียบอยู่เสมอ

6. การเปรียบเทียบความถูกต้อง และ การตั้งค่าการตรวจวัดของเครื่องมือทดสอบ

6.1 เปรียบเทียบความถูกต้องของเครื่องมือวัด

ความแม่นยำโดยรวมของเครื่องมือวัดสำหรับมาตรฐานการทดสอบสถานีชาร์จและอุปกรณ์ชาร์จแบตเตอรี่จะต้องอยู่ภายในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนตามที่ระบุไว้ใน มอก. 2603 เล่ม 1 และมอก. 2603 เล่ม 2 ดังต่อไปนี้

(1) ค่าความคลาดเคลื่อน ± 1 % สำหรับแรงดันไฟฟ้า (voltage)

(2) ค่าความคลาดเคลื่อน ± 1 % สำหรับกระแสไฟฟ้า (current)

(3) ค่าความคลาดเคลื่อน ± 2 °C สำหรับอุณหภูมิ (temperature)

(4) ค่าความคลาดเคลื่อน ± 0.5 % สำหรับเวลา (time)

สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดค่าขนาด (dimension) เครื่องมือวัดขนาดต้องมีความแม่นยำเพียงพอให้ผลวัดถูกต้องตามข้อกำหนดของแบบ และการวัดระยะห่างทางไฟฟ้าให้อ้างอิงมาตรฐาน IEC 60664-1

สำหรับการเปรียบเทียบความถูกต้องของเครื่องมือวัดในการทดสอบความเข้ากันได้ทางสนามแม่เหล็ก ให้อ้างอิงตามมาตรฐาน สทร. EC-6001

6.2 ตั้งค่าการตรวจวัดของเครื่องมือวัด

การปรับตั้งช่วงการใช้งานของเครื่องมือวัดให้ทำการปรับตั้งอย่างเหมาะสมกับการทดสอบแต่ละหัวข้อตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในหัวข้อที่ 7 โดยสามารถใช้ข้อมูลเพิ่มเติมจากเอกสารของผู้ผลิตเครื่องมือวัด การตั้งค่าเครื่องมือวัดต้องครอบคลุมเรื่องการเชื่อมต่อเครื่องมือวัดเข้ากับอุปกรณ์ที่ถูกทดสอบอย่างถูกต้อง เพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่ถูกต้องและเชื่อถือได้

สำหรับการตั้งค่าการตรวจวัดของเครื่องมือวัดในการทดสอบความเข้ากันได้ทางสนามแม่เหล็ก ให้อ้างอิงตามมาตรฐาน สทร. EC-6001

6.3 ตั้งค่าการชักตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจวัด

(1) การปรับตั้งค่าการชักตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับแต่ละการทดสอบต้องสามารถแสดงให้เห็นถึงผลการทดสอบที่เป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับ

(2) ห้องปฏิบัติการทดสอบต้องมีแผนการชักตัวอย่างและขั้นตอนการชักตัวอย่างเมื่อทำการชักตัวอย่างของตัวอย่างที่ทดสอบหรือสอบเทียบ แผนการชักตัวอย่างต้องยึดตามวิธีการทางสถิติที่เหมาะสม

(3) กระบวนการชักตัวอย่างจะต้องระบุปัจจัยที่ต้องควบคุมเพื่อให้แน่ใจว่าผลการทดสอบและการสอบเทียบมีความถูกต้อง

(4) ในกรณีที่ผู้ว่าจ้างต้องการเพิ่มเติมหรือยกเว้นจากขั้นตอนการชักตัวอย่างที่เป็นเอกสารต้องบันทึกรายละเอียดเหล่านี้พร้อมข้อมูลการชักตัวอย่างที่เหมาะสม โดยต้องรวมอยู่ในเอกสารทั้งหมดที่มีผลการทดสอบและ/หรือผลการสอบเทียบ และต้องแจ้งให้บุคลากรที่เกี่ยวข้องทราบ

(5) ห้องปฏิบัติการทดสอบต้องมีขั้นตอนการบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องและการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการชักตัวอย่างซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการทดสอบหรือการสอบเทียบ ข้อมูลที่ถูกบันทึกเหล่านี้ต้องรวมขั้นตอนการชักตัวอย่างที่ใช้ การระบุตัวอย่างที่ทดสอบ สภาพแวดล้อม และแผนผังแสดงสถานที่ ทั้งนี้การปรับตั้งค่าการชักตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับแต่ละการทดสอบโดยให้สามารถแสดงให้เห็นถึงผลการทดสอบที่เป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับ โดยกำหนดให้ผู้ผลิตหรือผู้ว่าจ้างเป็นผู้ชักตัวอย่างและนำตัวอย่างที่ได้มาคำนวณ

7. คุณสมบัติการทดสอบ

7.1 ขอบเขต

อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้า (PCE) ที่ใช้งานในสถานีชาร์จแบตเตอรี่ ซึ่งครอบคลุมประเด็นด้านความปลอดภัย ประสิทธิภาพ สมรรถนะ ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า และความทนทาน อีกทั้งมีการระบุ

ข้อกำหนดขั้นต่ำสำหรับการออกแบบและการผลิต เพื่อป้องกันผลกระทบที่เกิดจากไฟฟ้าช็อก พลังงานส่วนเกิน เพลิงไหม้ ภัยทางกล และภัยอื่น ๆ รวมถึงปัญหาความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า โดยมีเงื่อนไขการเชื่อมต่อใช้งานดังนี้

(1) อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับระบบแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับไม่เกิน 1,000 โวลต์ (V)

(2) อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับโหลดกระแสตรง หรือแบตเตอรี่ที่มีระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงไม่เกิน 1,500 โวลต์ (V)

7.2 ประเภทของการทดสอบ

รายละเอียดการทดสอบสถานีชาร์จและอุปกรณ์ชาร์จ แบ่งออกเป็น 5 ด้าน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายการทดสอบ

(ข้อ 7.2)

เลขที่ (No.)	รายการทดสอบ (test item)	ประเภทของการทดสอบ (test object)		หัวข้อการทดสอบตาม สทร. EC-6002
		เฉพาะแบบ (type test)	แบบประจำ (routine test)	
1	**การทดสอบความปลอดภัย (safety test)**			7.4
1.1	การทดสอบตามข้อกำหนดทั่วไป (general requirements test)			
	a) การทดสอบภายใต้สภาวะความผิดพร่องเดี่ยว (single fault condition test)	√		7.4.1
	b) การทดสอบการป้องกันแรงดันป้อนกลับ (backfeed voltage protection)	√		7.4.2
1.2	การทดสอบตามข้อกำหนดการป้องกันอันตราย (protection requirement test)			7.4.3
	a) การทดสอบการป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าช็อกและพลังงานไฟฟ้า (protection against electric shock and energy hazards test)	√		7.4.3.1

เลขที่ (No.)	รายการทดสอบ (test item)	ประเภทของการทดสอบ (test object)		หัวข้อการทดสอบตาม สทร. EC-6002
		เฉพาะแบบ (type test)	แบบประจำ (routine test)	
	b) การทดสอบการป้องกันอันตรายทางกล (protection against mechanical hazards)	√		7.4.3.2
	c) การทดสอบการป้องกันอันตรายเนื่องจากเพลิงไหม้ (protection against fire hazards)	√		7.4.3.3
	d) การทดสอบการป้องกันอันตรายเนื่องจากความดันเสียง (protection against sonic pressure hazards)	√		7.4.3.4
	e) การทดสอบการป้องกันอันตรายเนื่องจากของเหลว (protection against liquid hazards)	√		7.4.3.5
	f) การทดสอบการป้องกันอันตรายเนื่องจากสารเคมี (protection against chemical hazards)	√		7.4.3.6
2	**การทดสอบประสิทธิภาพ (efficiency test)**			7.5
2.1	การทดสอบพิกัดทางไฟฟ้า (electrical rating test)	√		7.5.1
2.2	การทดสอบทางความร้อน (thermal test)	√		7.5.2
3	**การทดสอบการทำงานร่วมกัน (EMC test)**			7.6
3.1	การทดสอบภูมิคุ้มกัน (immunity test)			7.6.1
	a) การทดสอบภูมิคุ้มกันการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตย์ (electrostatic discharge)	√		7.6.1.1

เลขที่ (No.)	รายการทดสอบ (test item)	ประเภทของการทดสอบ (test object)		หัวข้อการทดสอบตาม สทร. EC-6002
		เฉพาะแบบ (type test)	แบบประจำ (routine test)	
	b) การทดสอบภูมิคุ้มกันสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่วิทยุที่แผ่ออก (radiated disturbances)	√		7.6.1.2
	c) การทดสอบภูมิคุ้มกันภาวะชั่วครู่อย่างเร็วทางไฟฟ้า (electrical fast transient/burst)	√		7.6.1.3
	d) การทดสอบภูมิคุ้มกันจากการเกิดแรงดันกระชาก (surge)	√		7.6.1.4
	e) การทดสอบภูมิคุ้มกันต่อสัญญาณรบกวนที่นำตามสายซึ่งเหนี่ยวนำโดยสนามความถี่วิทยุ (conducted disturbances, induced by radio-frequency fields)	√		7.6.1.5
	f) การทดสอบภูมิคุ้มกันเมื่อแรงดันไฟฟ้าดิ่งลงและขาดหายไปเป็นระยะเวลาสั้น ๆ (voltage dips and interruption)	√		7.6.1.6
3.2	การทดสอบการปล่อยคลื่น (emission test)			7.6.2
	a) การทดสอบฮาร์มอนิกส์ (harmonics test)	√		7.6.2.1 (1)
	b) การทดสอบความผันผวนของแรงดันไฟฟ้าและการกระพริบ (voltage fluctuation and flicker test)	√		7.6.2.1 (2)
	c) การทดสอบการรบกวนจากการนำ (conducted disturbances test)	√		7.6.2.2 (1)

เลขที่ (No.)	รายการทดสอบ (test item)	ประเภทของการทดสอบ (test object)		หัวข้อการทดสอบตาม สทร. EC-6002
		เฉพาะแบบ (type test)	แบบประจำ (routine test)	
	d) การทดสอบการรบกวนจากการแผ่รังสี (radiated disturbances test)	√		7.6.2.2 (2)
4	**การทดสอบการใช้งาน (usability test)**			7.7
4.1	การทดสอบพิกัดทางไฟฟ้า (electrical rating test)	√		7.7.1
4.2	การทดสอบทางความร้อน (thermal test)	√		7.7.2
5	**การทดสอบความคงทนทางกายภาพ (physical strength test)**			7.8
5.1	การทดสอบมือจับและส่วนที่ควบคุมด้วยมือ (handles and manual controls)	√		7.8.1
5.2	การทดสอบความมั่นคงของส่วนที่ถูกจับยึด (securing of parts)	√		7.8.2
5.3	การทดสอบข้อกำหนดสำหรับการเชื่อมต่อกับภายนอก (provisions for external connections)	√		7.8.3
5.4	การทดสอบการต่อสายภายในและการเชื่อมต่อ (internal wiring and connections)	√		7.8.4
5.5	การทดสอบช่องเปิดในตัวครอบ (openings in enclosures)	√		7.8.5
5.6	การทดสอบส่วนที่ทำจากวัสดุพอลิเมอร์ (polymeric material)	√		7.8.6
5.7	การทดสอบความต้านทานทางกล (mechanical resistance)	√		7.8.7

เลขที่ (No.)	รายการทดสอบ (test item)	ประเภทของการทดสอบ (test object)		หัวข้อการทดสอบตาม สทร. EC-6002
		เฉพาะแบบ (type test)	แบบประจำ (routine test)	
5.8	การทดสอบความหนาสำหรับตัวครอบโลหะ (thickness requirements for metal enclosures)	√		7.8.8

7.3 ข้อกำหนดทั่วไป

การทดสอบให้ดำเนินการภายใต้เงื่อนไขและข้อกำหนดทั่วไป ดังรายละเอียดต่อไปนี้ เว้นแต่จะมีการระบุเงื่อนไขเพิ่มเติมในหัวข้อการทดสอบเฉพาะ

7.3.1 ลำดับการทดสอบ

ผู้ทดสอบสามารถดำเนินการทดสอบโดยกำหนดลำดับหัวข้อการทดสอบได้ตามความเหมาะสม เว้นแต่จะมีการระบุในหัวข้อการทดสอบเฉพาะให้ดำเนินการทดสอบตามลำดับ และให้ตรวจสอบตัวอย่างหรืออุปกรณ์ที่ทดสอบอย่างละเอียดเพื่อค้นหาความเสียหายหลังการทดสอบ โดยไม่มีข้อกำหนดให้ใช้ตัวอย่างเดียวกันสำหรับการทดสอบทั้งหมด เว้นแต่จะมีการระบุในหัวข้อการทดสอบเฉพาะ

7.3.2 เงื่อนไขการทดสอบอ้างอิง

7.3.2.1 เงื่อนไขสภาวะแวดล้อม

เงื่อนไขสภาวะแวดล้อมอ้างอิงที่ใช้ในการทดสอบ มีดังนี้

- อุณหภูมิอยู่ในช่วง 15 องศาเซลเซียส (°C) ถึง 40 องศาเซลเซียส (°C)
- ความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 75% และไม่ต่ำกว่า 5%
- ความดันอากาศอยู่ในช่วง 75 กิโลปาสคาล (kPa) ถึง 106 กิโลปาสคาล (kPa)
- ไม่มีน้ำค้างแข็ง น้ำค้าง น้ำซึม ฝน รังสีแสงอาทิตย์ ฯลฯ

7.3.2.2 สถานะของตัวอย่างที่นำมาทดสอบ

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบเฉพาะแบบต้องเป็นตัวแทนทั้งทางกายภาพและทางไฟฟ้าของผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตในอนาคต เพื่อให้การประเมินตามมาตรฐานสามารถใช้รับรองผลิตภัณฑ์ในอนาคตได้อย่างเหมาะสม การทดสอบแต่ละครั้งต้องดำเนินการกับอุปกรณ์ที่ประกอบใช้งานในสภาพปกติและภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ในกรณีที่การทดสอบบางรายการไม่สามารถดำเนินการบนอุปกรณ์ที่ประกอบสมบูรณ์ได้ อนุญาตให้ทดสอบบนชิ้นส่วนย่อยได้ โดยต้องตรวจสอบว่าเมื่อชิ้นส่วนดังกล่าวถูกประกอบเป็นอุปกรณ์แล้วจะยังคงเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานฉบับนี้

7.3.2.3 ตำแหน่งของอุปกรณ์

อุปกรณ์ที่นำมาทดสอบต้องติดตั้งตามคำแนะนำของผู้ผลิตเพื่อให้สามารถทดสอบตามเงื่อนไขการทดสอบที่เลวร้ายที่สุดได้ เช่น เงื่อนไขการติดตั้งเพื่อทดสอบการกระแทก โดยคำนึงถึงผลกระทบจากการระบายอากาศ การติดตั้งในผนัง ตู้ หรือสภาพแวดล้อมอื่น ๆ รวมถึงการติดตั้งใช้งานในบริเวณใกล้กับโครงสร้างหรืออุปกรณ์อื่น ๆ

7.3.2.4 อุปกรณ์เสริม

อุปกรณ์เสริมและชิ้นส่วนที่ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนได้ ซึ่งจัดจำหน่ายหรือแนะนำโดยผู้ผลิตสำหรับใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ที่นำมาทดสอบ การกำหนดให้อุปกรณ์เสริมดังกล่าวต้องเชื่อมต่ออยู่หรือไม่ ให้พิจารณาจากเงื่อนไขสำหรับการทดสอบแต่ละประเภท

7.3.2.5 ฝาครอบและชิ้นส่วนที่ถอดได้

สำหรับฝาครอบหรือชิ้นส่วนที่สามารถถอดออกได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือ การพิจารณาให้ส่วนประกอบดังกล่าวต้องประกอบอยู่กับอุปกรณ์ระหว่างการทดสอบหรือไม่ ให้พิจารณาจากเงื่อนไขสำหรับการทดสอบแต่ละประเภท

7.3.2.6 แหล่งจ่ายไฟฟ้าหลัก

กำหนดให้พิจารณาถึงเงื่อนไขการจ่ายไฟของแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลักตามที่ระบุไว้ดังนี้

- แรงดันไฟฟ้า: กำหนดให้ขีดจำกัดแรงดันอยู่ในช่วง 90% ถึง 110% ของแรงดันไฟฟ้าที่ระบุไว้ ในกรณีที่อุปกรณ์ไม่สามารถทำงานได้ตลอดช่วงแรงดัน 90% ถึง 110% ของพิกัด ให้พิจารณาช่วงการทำงานตามที่อุปกรณ์ระบุไว้
- ความถี่: การทดสอบให้พิจารณาความถี่ใช้งานตามที่ผู้ผลิตระบุไว้ (เช่น 50 เฮิรตซ์ (Hz) และ 60 เฮิรตซ์ (Hz)) โดยไม่ต้องพิจารณาถึงค่าความถี่ใกล้เคียง
- ขั้วไฟฟ้า: การทดสอบอุปกรณ์ประเภท A ที่สามารถต่อใช้งานกับเต้าเสียบได้ต้องพิจารณาการเชื่อมต่อในสภาวะขั้วไฟฟ้าปกติ และในกรณีที่การเชื่อมต่อแบบสลับขั้วมีผลกระทบกับผลการทดสอบต้องมีการทดสอบสลับขั้วไฟฟ้าด้วย
- การต่อลงดิน: แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับการทดสอบต้องต่อลงดินหรือไม่ขึ้นอยู่กับรูปแบบการต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าในการทดสอบแต่ละแบบ และแหล่งจ่ายไฟฟ้าดังกล่าวต้องสามารถใช้ในการทดสอบตามเงื่อนไขการทดสอบที่เลวร้ายที่สุดได้ หรือต้องสามารถใช้ในการทดสอบได้ทั้งแบบต่อลงดินและไม่ต่อลงดิน
- การป้องกันกระแสเกิน: ด้านขาเข้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้าต้องมีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน โดยอุปกรณ์ป้องกันดังกล่าวต้องไม่ทำงานระหว่างการทดสอบในสภาวะปกติ อนุญาตให้อุปกรณ์ป้องกันทำงานได้ในกรณีจำเป็นต้องมีการป้องกันความเสียหายในระหว่างการทดสอบในสภาวะความผิดพร่องเดี่ยวเท่านั้น

7.3.2.7 พอร์ตจ่ายไฟนอกเหนือจากแหล่งจ่ายหลัก

การทดสอบให้ดำเนินการตามเงื่อนไขที่เลวร้ายที่สุดสำหรับการจ่ายไฟภายในช่วงพิกัดสำหรับพอร์ตจ่ายไฟแต่ละแห่ง เช่น การทดสอบการลัดวงจรขณะรับไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายที่ค่าพิกัด โดยพิจารณาแรงดันไฟฟ้า ความถี่ ขั้วไฟฟ้า การต่อลงดิน กระแสโหลด ประเภทของโหลด และเงื่อนไขอื่น ๆ ที่มีผลกระทบต่อผลลัพธ์ของการทดสอบ

ด้านขาเข้าของพอร์ตดังกล่าวต้องมีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน โดยอุปกรณ์ป้องกันดังกล่าวต้องไม่ทำงานระหว่างการทดสอบในสภาวะปกติ อนุญาตให้อุปกรณ์ป้องกันทำงานได้ในกรณีจำเป็นต้องมีการป้องกันความเสียหายในระหว่างการทดสอบในสภาวะความผิดพร่องเดี่ยวเท่านั้น

7.3.2.8 เงื่อนไขการจ่ายโหลดสำหรับพอร์ตขาออก

การทดสอบต้องดำเนินการภายใต้เงื่อนไขการจ่ายโหลดที่เลวร้ายที่สุดภายในช่วงของค่าพิกัดที่กำหนดสำหรับแต่ละพอร์ต เช่น การทดสอบการจ่ายโหลดที่ค่าพิกัด พิจารณาแรงดัน ความถี่ ขั้วของไฟฟ้า กระแสโหลด และเงื่อนไขปกติอื่น ๆ ที่มีผลกระทบต่อผลลัพธ์ของการทดสอบ

พอร์ตขาออกต้องถูกทดสอบด้วยโหลดเชิงเส้นเพื่อให้ได้พลังงานหรือกระแสไฟฟ้าที่เกินค่าพิกัดที่น้อยที่สุด และพอร์ตขาออกไฟฟ้ากระแสตรง (เช่น พอร์ตสำหรับชาร์จแบตเตอรี่หรือพอร์ตสำหรับโหลดไฟฟ้ากระแสตรง) ต้องถูกทดสอบด้วยโหลดตัวต้านทานเพื่อให้ได้พลังงานหรือกระแสที่เกินค่าพิกัดที่น้อยที่สุด

7.3.2.9 ขั้วต่อลงดิน

ในกรณีที่มีตัวนำเชิงป้องกันจัดไว้ให้ ตัวนำเชิงป้องกันดังกล่าวต้องถูกเชื่อมต่อลงดินและขั้วต่อลงดินส่วนอื่นต้องถูกเชื่อมต่อด้วยหรือไม่ ให้พิจารณาเลือกกรณีที่จะส่งผลกระทบเลวร้ายมากที่สุด

7.3.2.10 อุปกรณ์ควบคุม

อุปกรณ์ควบคุมที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถปรับได้ให้ปรับตั้งตามความเหมาะสม หรือตามคำแนะนำของผู้ผลิต ยกเว้นมีการระบุเงื่อนไขเป็นอย่างอื่นในการทดสอบเฉพาะ

7.3.2.11 กระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่จ่ายได้

ความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าลัดวงจรของแหล่งจ่ายไฟฟ้าต้องไม่ต่ำกว่าค่าพิกัดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรสูงสุดของอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้า

7.3.3 เงื่อนไขสำหรับการทดสอบทางความร้อน

สำหรับการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับความร้อน ให้อ้างอิงตามเงื่อนไขที่ระบุในมาตรฐาน มอก. 2603-1 ข้อ 4.3 ยกเว้นมีการระบุเป็นอย่างอื่นในการทดสอบเฉพาะ

7.3.4 ข้อกำหนดในการเตรียมความชื้น (humidity preconditioning)

สำหรับการทดสอบที่มีการระบุให้ต้องเตรียมความชื้นก่อนการทดสอบ ให้นำอุปกรณ์ที่จะถูกทดสอบเข้าสู่กระบวนการเตรียมความชื้นตามเงื่อนไขและขั้นตอนที่ระบุไว้ในมาตรฐาน มอก. 2603-1 ข้อ 4.5

7.3.5 ข้อกำหนดสภาวะแวดล้อม (environmental requirements)

สำหรับการทดสอบที่มีการกำหนดเงื่อนไขสภาวะแวดล้อมในการใช้งานอุปกรณ์ ให้อ้างอิงตามข้อกำหนดและขั้นตอนที่ระบุไว้ในมาตรฐาน มอก. 2603-1 ข้อ 6

7.4 การทดสอบความปลอดภัย

การทดสอบด้านความปลอดภัยแบ่งเป็น 2 หัวข้อการทดสอบ ได้แก่ การทดสอบตามข้อกำหนดทั่วไป (หัวข้อ 7.4.1 และ 7.4.2) และการทดสอบตามข้อกำหนดการป้องกันอันตราย (7.4.3) ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

7.4.1 การทดสอบภายใต้สภาวะความผิดพร่องเดี่ยว (single fault condition test)

7.4.1.1 เงื่อนไขการทดสอบ

(1) เงื่อนไขทั่วไป

อุปกรณ์ต้องถูกทดสอบภายใต้เงื่อนไขสภาวะแวดล้อมอ้างอิงตามที่ระบุในหัวข้อ 7.3.2.1 เพื่อให้การทดสอบความผิดพร่องอยู่ในสภาวะที่เลวร้ายที่สุด ให้กำหนดลำดับการทดสอบตามเงื่อนไขความผิดพร่องแต่ละรูปแบบตามความเหมาะสม โดยทดสอบการเกิดความผิดพร่องครั้งละ 1 รูปแบบเท่านั้น

การทดสอบแต่ละรายการสามารถใช้ตัวอย่างหลายชิ้นสำหรับการทดสอบ หรือสามารถใช้ตัวอย่างเดียวกันสำหรับการทดสอบหลายรายการต่อเนื่องกันได้ในกรณีที่ความเสียหายที่เกิดจากการทดสอบรายการก่อนหน้าได้รับการแก้ไขหรือไม่ส่งผลต่อผลลัพธ์ของการทดสอบรายการถัดไป

(2) ระยะเวลาของการทดสอบ

อุปกรณ์จะต้องถูกทดสอบใช้งานอย่างต่อเนื่องจนกว่าจะพบการเปลี่ยนแปลงที่เป็นผลมาจากความผิดพร่อง เช่น อุปกรณ์ป้องกันทำงานเพื่อกำจัดความผิดพร่อง อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิทำงาน ในกรณีที่มีอุปกรณ์ป้องกันที่จะหยุดยั้งหรือกำจัดสภาวะความผิดพร่องทำให้การทดสอบไม่ต่อเนื่อง ให้กำหนดระยะเวลาการทดสอบตามเงื่อนไขดังนี้

- สำหรับอุปกรณ์ป้องกันที่สามารถรีเซ็ตได้โดยอัตโนมัติ: อนุญาตให้อุปกรณ์ป้องกันทำงานวนรอบจนกว่าจะไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่เป็นผลจากความผิดพร่องเพิ่มเติมอีก
- สำหรับอุปกรณ์ป้องกันที่สามารถรีเซ็ตได้ด้วยมือ: อนุญาตให้อุปกรณ์ป้องกันทำงาน 3 รอบ โดยให้รีเซ็ตอุปกรณ์ป้องกันโดยเร็วที่สุดหลังจากอุปกรณ์ดังกล่าวทำงาน
- สำหรับอุปกรณ์ป้องกันที่ไม่สามารถรีเซ็ตได้: ให้อุปกรณ์ป้องกันทำงาน 1 รอบ

7.4.1.2 เกณฑ์การผ่านการทดสอบ

(1) การป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าช็อก

การป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าช็อกต้องถูกตรวจสอบในระหว่างการทดสอบและหลังจากการทดสอบ (ภาพรวมการพิจารณามาตรการป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าช็อกแสดงในภาคผนวก ก) โดยข้อกำหนดการผ่านเกณฑ์การทดสอบ มีดังนี้

- ส่วนที่เข้าถึงได้ของวงจรที่จัดอยู่ในชั้นแรงดันตัดสินชั้น A ต้องถูกตรวจสอบว่าจะไม่ทำให้เกิดอันตรายจากไฟฟ้าช็อก โดยอ้างอิงขีดจำกัดในสภาวะคงตัวสำหรับแรงดันตัดสินชั้น A ที่ระบุในมาตรฐาน มอก. 2603-1 ข้อ 7.3.2.2 ตาราง 6 และอ้างอิงขีดจำกัดในช่วงเวลาสั้นที่ระบุในหัวข้อ 7.3.2.3 และวงจรดังกล่าวต้องถูกแยกออกจากส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าระดับแรงดันตัดสินชั้น A ด้วยฉนวนมูลฐานเป็นอย่างน้อย
- กำหนดให้ดำเนินการทดสอบความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของฉนวน ตามเงื่อนไขที่ระบุไว้ในภาคผนวก ค โดยไม่ต้องเตรียมสภาวะความชื้นล่วงหน้า ในกรณีต่อไปนี้
  - สำหรับฉนวนเสริมหรือฉนวนสองชั้น กำหนดให้ทดสอบความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของฉนวนดังกล่าวในระดับเดียวกันกับการทดสอบสำหรับฉนวนมูลฐาน
  - สำหรับฉนวนมูลฐานในอุปกรณ์ที่จัดอยู่ในชั้นการป้องกันระดับ 1 และไม่สามารถยืนยันได้ว่าความผิดพร่องจะไม่สร้างความเสียหายต่อตัวนำต่อลงดินหรือขั้วต่อลงดินหรือส่วนต่อฝาก กำหนดให้ทดสอบความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของฉนวนดังกล่าวในระดับเดียวกันกับการทดสอบสำหรับฉนวนมูลฐาน
- ในกรณีที่มีฟิวส์เชื่อมต่อระหว่างขั้วต่อลงดินและสายดินในการทดสอบ ฟิวส์ต้องอยู่ในสภาพไม่ขาด โดยฟิวส์ต้องมีพิกัด 3 แอมแปร์ (A) แบบไม่มีการหน่วงเวลา (สำหรับอุปกรณ์ที่มีพิกัดใช้งานบนวงจรที่มีการป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินที่ 30 แอมแปร์ (A) หรือน้อยกว่า) หรือมีพิกัด 30 ถึง 35 แอมแปร์ (A) แบบไม่มีการหน่วงเวลา (สำหรับอุปกรณ์ที่มีพิกัดการใช้งานบนวงจรที่มีการป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินมากกว่า 30 แอมแปร์ (A)) กล่องครอบต้องไม่ต่อลงดินในตำแหน่งใด ๆ ขณะทดสอบ และตรวจสอบตู้หรือกล่องครอบให้แน่ใจว่าไม่มีความเสียหายที่ทำให้เข้าถึงส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าได้

(2) การป้องกันการแพร่ของเพลิงไหม้

กำหนดให้ตรวจสอบตามข้อกำหนดในมาตรฐาน มอก. 2603-1 โดยการวางอุปกรณ์บนกระดาษทิชชูสีขาวที่คลุมพื้นผิวไม้เนื้ออ่อน และปิดอุปกรณ์ด้วยผ้าชีสโคลท์หรือสำลีระหว่างการทดสอบ

ความผิดพร่อง ในกรณีที่ใช้ผ้าชีสโคลท์หรือผ้าฝ้ายทางการแพทย์ ให้วางเฉพาะบริเวณช่องเปิดขนาดใหญ่ของอุปกรณ์เท่านั้น

การทดสอบจะถือว่าผ่านเกณฑ์การทดสอบเมื่อไม่พบการปลดปล่อยก๊าซพิษจากโลหะหลอมละลาย การเผาไหม้ของฉนวน เปลวไฟ หรือการลุกไหม้ภายในตู้ รวมถึงไม่มีร่องรอยไหม้ การลุกไหม้หรือการติดไฟของกระดาษทิชชูและสำลีที่ใช้ในการทดสอบ

(3) การป้องกันอันตรายจากการระเบิด

กำหนดให้ตรวจสอบตามข้อกำหนดในมาตรฐาน มอก. 2603-1 ซึ่งการทำงานบกพร่องหรือล้มเหลวของส่วนประกอบใด ๆ ของอุปกรณ์ที่ถูกทดสอบต้องไม่ปล่อยให้ชิ้นส่วนใด ๆ หลุดหรือกระเด็นออกนอกตู้ครอบ ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตราย เช่น การระเบิดของวัสดุในพื้นที่ที่มีบุคคลอยู่

(4) การป้องกันจากอันตรายรูปแบบอื่น ๆ

กำหนดให้ตรวจสอบตามข้อกำหนดในมาตรฐาน มอก. 2603-1 โดยข้อกำหนดการผ่านเกณฑ์การทดสอบสำหรับการป้องกันอันตรายรูปแบบอื่น ๆ นอกเหนือจากข้อ (1)-(3) ให้ปฏิบัติตามที่ระบุไว้ในหัวข้อการทดสอบเฉพาะของมาตรฐานฉบับนี้

7.4.1.3 การทดสอบความผิดพร่องเดี่ยว

การทดสอบความผิดพร่องเดี่ยวต้องดำเนินการตามข้อกำหนดและวิธีการที่ระบุไว้ในมาตรฐาน มอก. 2603-1 ข้อ 4.4 ในกรณีที่ไม่สามารถดำเนินการทดสอบในบางหัวข้อได้เนื่องจากอุปกรณ์ที่ได้รับการทดสอบไม่มีส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบในหัวข้อนั้น ให้ยกเว้นการทดสอบหัวข้อนั้นได้ โดยต้องบันทึกเหตุผลการยกเว้นไว้เป็นหลักฐานประกอบรายงานผลการทดสอบ

หัวข้อการทดสอบในสภาวะความผิดพร่องเดี่ยวมีดังนี้

(1) การทดสอบความผิดพร่องของส่วนประกอบ

กำหนดให้ทดสอบความผิดพร่องในรูปแบบที่เกิดขึ้นกับส่วนประกอบต่าง ๆ ในลักษณะจำลองการใช้งานจริง การทดสอบให้ดำเนินการเฉพาะความผิดพร่องในกรณีเกิดการลัดวงจรหรือเปิดวงจรอย่างใดอย่างหนึ่ง ยกเว้นไม่สามารถระบุได้ว่ารูปแบบใดมีผลกระทบรุนแรงกว่า ให้ทำการทดสอบทั้งสองกรณี

ความผิดพร่องจำลองโดยใช้อุปกรณ์สวิตช์เชื่อมต่อกับขั้วของส่วนประกอบหรือพอร์ตที่กำลังทดสอบ โดยตัวนำที่ใช้เชื่อมต่อต้องมีความยาวสั้นที่สุด และพื้นที่หน้าตัดใกล้เคียงหรือเท่ากับตัวนำของส่วนประกอบที่กำลังทดสอบ หรือเป็นไปตามขนาดที่ระบุไว้ในคำแนะนำสำหรับพอร์ต สวิตช์สำหรับการทดสอบลัดวงจรต้องสามารถรองรับกระแสลัดวงจรได้โดยไม่เกิดความเสียหาย และมีความต้านทานต่ำเพียงพอที่จะไม่จำกัดการไหลของกระแสไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญ

อุปกรณ์ต้องอยู่ในสภาวะทำงานปกติและได้รับการเปิดใช้งานก่อน จากนั้นจึงทำให้เกิดสภาวะความผิดพร่อง เว้นแต่กรณีที่มีวัตถุประสงค์เฉพาะเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่รุนแรงที่สุดจากการเริ่มต้นการทำงานพร้อมกับความผิดพร่อง ซึ่งในกรณีดังกล่าวให้จำลองความผิดพร่องตั้งแต่เริ่มต้นการทำงาน

รูปแบบความผิดพร่องที่ต้องพิจารณาในการทดสอบมีดังนี้

- การลัดวงจรและเปิดวงจรของส่วนประกอบที่เกี่ยวข้อง
- การลัดวงจรและเปิดวงจรของส่วนประกอบหรือฉนวนใด ๆ ที่การล้มเหลวสามารถส่งผลกระทบต่อฉนวนเสริมได้
- การใช้งานเกินพิกัดของส่วนประกอบที่เมื่อเกิดความล้มเหลวแล้วสามารถสร้างอันตรายจากเพลิงไหม้ได้

(2) การทดสอบอุปกรณ์ที่ทำงานในระยะเวลาสั้น

อุปกรณ์หรือส่วนประกอบที่ทำงานในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งเป็นระยะเวลาสั้น เช่น มอเตอร์ รีเลย์ อุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้า เครื่องทำความร้อน ต้องมีการทดสอบในกรณีที่อุปกรณ์ดังกล่าวทำงานอย่างต่อเนื่อง

(3) การทดสอบมอเตอร์

ในกรณีที่อุปกรณ์มีส่วนประกอบซึ่งควบคุมการทำงานด้วยมอเตอร์ ต้องทำการทดสอบสภาวะที่มอเตอร์หยุดทำงาน หรือมอเตอร์ถูกขัดขวางไม่ให้หมุน ขณะต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าตามพิกัด

(4) การทดสอบการลัดวงจรของหม้อแปลง

ในกรณีที่อุปกรณ์มีส่วนประกอบเป็นหม้อแปลงไฟฟ้า ต้องทำการทดสอบสภาวะลัดวงจรของขดลวดขาออก โดยทำการลัดวงจรขดลวดขาออกทีละขด หากพบความเสียหายระหว่างการทดสอบ อนุญาตให้ทำการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนส่วนที่เสียหาย แล้วดำเนินการทดสอบต่อจนแล้วเสร็จ

(5) การทดสอบการลัดวงจรด้านขาออกของอุปกรณ์

พอร์ตขาออกของอุปกรณ์ที่นำมาทดสอบต้องได้รับการทดสอบอย่างน้อยหนึ่งครั้ง เพื่อจำลองสภาวะการลัดวงจรที่สามารถเกิดขึ้นในโหลดหรือสายเชื่อมต่อ โดยอุปกรณ์ต้องมีการป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินภายในที่ทำงานได้อย่างถูกต้อง

ระหว่างการทดสอบพอร์ตใดพอร์ตหนึ่ง การพิจารณาว่าพอร์ตขาออกอื่น ๆ จำเป็นต้องเชื่อมต่อโหลดหรือไม่ ให้เลือกสภาวะที่มีผลกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์มากที่สุด การทดสอบต้องครอบคลุมทุกรูปแบบที่เป็นไปได้สำหรับการใช้งานพอร์ตขาออกที่กำหนด เช่น การทดสอบสองพอร์ตพร้อมกัน การต่อขั้วสายดินและสายนิวทรัล และการลัดวงจรระหว่างพอร์ตทั้งหมดที่มีกระแสไฟฟ้า

เกณฑ์การผ่านการทดสอบให้เป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ในหัวข้อ 7.4.2.3 ของมาตรฐานฉบับนี้

(6) การทดสอบกระแสป้อนกลับ กรณีมีมากกว่าหนึ่งแหล่งจ่าย

สำหรับอุปกรณ์ที่สามารถเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ามากกว่าหนึ่งแหล่งพร้อมกัน ต้องทำการทดสอบที่ขั้วขาเข้าของอุปกรณ์ทีละตำแหน่ง เพื่อประเมินผลกระทบจากกระแสที่อาจไหลระหว่างแหล่งจ่ายไฟในสภาวะความผิดพร่อง การทดสอบต้องดำเนินการโดยให้อุปกรณ์อยู่ในสภาวะทำงานปกติ จากนั้นทำการลัดวงจรที่ขั้วขาเข้าที่กำลังทดสอบ โดยต้องติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินระหว่างแหล่งจ่ายไฟแต่ละแหล่งและอุปกรณ์ในทุกจุดอย่างครบถ้วน

เกณฑ์การผ่านการทดสอบให้เป็นไปตามข้อกำหนดในหัวข้อ 7.4.2.3 ของมาตรฐานฉบับนี้

(7) การทดสอบการจ่ายโหลดขาออกเกินพิกัด

ตำแหน่งขาออกของอุปกรณ์ที่เตรียมไว้สำหรับการต่อโหลด ต้องทำการทดสอบการจ่ายโหลดเกินพิกัดในทุกตำแหน่ง โดยทำการทดสอบทีละตำแหน่ง ระหว่างการทดสอบ ให้พิจารณาการเชื่อมต่อโหลดของตำแหน่งขาออกอื่น ๆ ตามเงื่อนไขที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์มากที่สุด

ในการทดสอบ ให้ใช้โหลดตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ที่มีพิกัดเหมาะสม เชื่อมต่อเข้ากับตำแหน่งขาออกที่กำลังทดสอบ จากนั้นปรับค่าความต้านทานให้เกิดสภาวะโหลดเกินในเวลาสั้นที่สุด เมื่อครบเวลา 1 นาที โดยสามารถปรับค่าความต้านทานอีกครั้งเพื่อรักษาสภาวะโหลดเกิน แต่หลังจากนั้นไม่อนุญาตให้ปรับค่าเพิ่มเติม

ในกรณีที่มีอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินติดตั้งในวงจร ให้กำหนดค่ากระแสสูงสุดของโหลดในการทดสอบ โดยพิจารณาจากค่ากระแสที่ทำให้อุปกรณ์ป้องกันไม่ทำงานเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในกรณีที่ไม่สามารถกำหนดค่าดังกล่าวจากข้อมูลของอุปกรณ์ได้ ต้องทำการทดสอบเพื่อหาค่ากระแสที่เหมาะสมก่อนเริ่มการทดสอบการจ่ายโหลดเกิน

สำหรับอุปกรณ์ที่ออกแบบให้แรงดันขาออกลดลงเมื่อกระแสโหลดเกินพิกัด การทดสอบต้องเพิ่มกระแสโหลดอย่างช้า ๆ จนถึงจุดที่กำลังขาออกสูงสุด ก่อนที่แรงดันขาออกจะเริ่มลดลง

(8) การทดสอบการล้มเหลวของระบบระบายความร้อน

สำหรับอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการระบายความร้อน ให้ทำการทดสอบความผิดพร่องในรูปแบบดังต่อไปนี้ โดยทดสอบครั้งละรูปแบบ

- ส่วนที่รับอากาศเข้าถูกปิดกั้นทั้งหมดหรือบางส่วน
- พัดลมระบายความร้อนแต่ละตัวหยุดทำงานหรือถูกปลดออก (ทดสอบครั้งละ 1 ตัว)
- ระบบระบายความร้อนผ่านการหมุนเวียนของน้ำหรือสารทำความเย็นอื่น ๆ ถูกระงับหรือถูกจำกัดการทำงานบางส่วน

(9) การทดสอบอุปกรณ์ทำความร้อนหรือเกี่ยวข้องกับความร้อน

ส่วนประกอบของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทำความร้อนหรือต้องรับความร้อนสูง ให้ทำการทดสอบความผิดพร่องในรูปแบบดังต่อไปนี้ โดยทดสอบครั้งละรูปแบบ

- ตัวตั้งเวลาสำหรับจำกัดช่วงเวลาการทำงานของอุปกรณ์ทำความร้อนถูกทำให้หยุดทำงาน เพื่อให้วงจรทำความร้อนทำงานต่อเนื่อง
- อุปกรณ์หรือวงจรควบคุมอุณหภูมิถูกทำให้หยุดทำงานเนื่องจากความผิดพร่องใด ๆ โดยอุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกินต้องตั้งค่าให้ไม่ทำงานระหว่างการทดสอบ

(10) การทดสอบระบบประสานความปลอดภัย

แต่ละส่วนของระบบประสานความปลอดภัย ต้องทำการทดสอบโดยการลัดวงจรหรือเปิดวงจรตามลำดับที่กำหนด เพื่อตรวจสอบว่าระบบยังคงสามารถป้องกันการเข้าถึงส่วนที่เป็นอันตรายได้ แม้ในกรณีที่ฝาครอบหรือส่วนปิดต่าง ๆ ถูกเปิดหรือถอดออกโดยไม่ใช้เครื่องมือ

(11) การทดสอบการเชื่อมต่อสลับขั้วไฟฟ้ากระแสตรง

ในกรณีที่อุปกรณ์ไม่มีอุปกรณ์หรือกลไกที่ใช้ในการป้องกันการต่อสลับขั้วไฟฟ้ากระแสตรง ให้ทำการทดสอบการเชื่อมต่อไฟฟ้ากระแสตรงในกรณีสลับขั้วด้วย

(12) การทดสอบความผิดพลาดของตัวปรับแรงดัน

สำหรับอุปกรณ์ที่มีส่วนประกอบที่ใช้ในการปรับค่าหรือเลือกค่าแรงดันจากแหล่งจ่าย ให้ทดสอบความถูกต้องของการปรับค่าหรือเลือกค่าแรงดันตามพิกัดที่ระบุ

(13) การทดสอบการต่อสายผิดพลาด

ในกรณีสลับลำดับเฟสของแหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับแบบ 3 เฟส หรือสลับสายเฟสกับสายนิวทรัล อาจส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์หรือก่อให้เกิดอันตราย ให้ทดสอบความถูกต้องของการต่อสายเข้าสู่อุปกรณ์

(14) การทดสอบการลัดวงจรของแผงวงจร

สำหรับแผงวงจรรวม กำหนดระยะห่างของฉนวนตามหน้าที่บนแผงวงจร ตามที่ระบุในมาตรฐาน มอก. 2603-1 ข้อ 7.3.7.7 ในกรณีที่พบว่ามีส่วนใดของแผงวงจรที่ระยะห่างน้อยกว่าที่กำหนด ต้องทำการทดสอบเฉพาะแบบ

ในการทดสอบ ทุกตำแหน่งที่มีการลดระยะห่างต้องถูกลัดวงจรทีละตำแหน่ง เพื่อประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นบนวงจร และค้างสภาวะลัดวงจรไว้จนไม่พบความเสียหายเพิ่มเติม อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินสามารถทำงานได้ตามความจำเป็น ระหว่างและหลังการทดสอบต้องเป็นไปตามเกณฑ์ที่ระบุในหัวข้อ 7.4.2.3

7.4.2 การทดสอบการป้องกันแรงดันป้อนกลับ (backfeed voltage protection)

ภายใต้สภาวะการทำงานปกติและสภาวะที่มีความผิดพร่องเดี่ยว เมื่อแหล่งจ่ายถูกตัดหรือหยุดจ่ายแรงดัน ต้องไม่เกิดอันตรายจากแรงดันป้อนกลับ (backfeed voltage) หรือพลังงานที่ขั้วต่อของแต่ละแหล่งจ่าย โดยการตัดหรือปลดแหล่งจ่ายพลังงานระหว่างการทดสอบให้ถือเป็นสภาวะปกติ

อุปกรณ์ที่นำมาทดสอบต้องเปิดใช้งานโดยเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าทุกแหล่งและทำงานในสภาวะปกติ สำหรับแหล่งจ่ายพลังงานภายในอุปกรณ์ (เช่น แบตเตอรี่) ที่ต้องใช้เครื่องมือจึงจะเปิดหรือเข้าถึงได้ สามารถยกเว้นไม่พิจารณาในการทดสอบ

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ส่งผ่านพลังงานระหว่างแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลายแหล่งต้องได้รับการทดสอบโดยการลัดวงจร

ขั้นตอนการทดสอบ และเกณฑ์การผ่านการทดสอบมีดังนี้

7.4.2.1 การทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าป้อนกลับภายใต้เงื่อนไขปกติ

แหล่งจ่ายไฟฟ้าแต่ละแหล่งต้องถูกทดสอบแยกกัน โดยเริ่มจากทำการทดสอบการปลดการเชื่อมต่อของแหล่งจ่ายไฟฟ้าออกจากวงจร และทำการทดสอบการปิดการทำงานของแหล่งจ่ายไฟฟ้าขณะที่ยังคงเชื่อมต่ออยู่ในวงจร

7.4.2.2 การทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าป้อนกลับภายใต้สภาวะความผิดพร่องเดี่ยว

กำหนดให้ทำการทดสอบแหล่งจ่ายไฟฟ้าในรูปแบบเดียวกันกับข้อ 7.4.2.1 แต่ให้ดำเนินการภายใต้สภาวะความผิดพร่องที่ระบุในข้อ 7.4.1.3 โดยทดสอบเฉพาะหัวข้อที่มีผลกระทบต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าหรือมีผลต่ออุปกรณ์ที่ควบคุมหรือถ่ายโอนพลังงานระหว่างแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลายแหล่ง

7.4.2.3 เกณฑ์การผ่านการทดสอบ

ผลการทดสอบจะผ่านเกณฑ์การทดสอบเมื่อไม่พบแรงดันไฟฟ้าหรือพลังงานที่เป็นอันตรายเกิดขึ้นบนขั้วต่อของแหล่งจ่ายในระหว่างการทดสอบ การตรวจสอบให้ดำเนินการหลังจากที่แหล่งจ่ายถูกปิดการทำงานหรือตัดการเชื่อมต่อ โดยก่อนการวัดค่าต้องรอให้เวลาผ่านไปตามระยะเวลาที่กำหนดดังนี้

- สำหรับแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่เชื่อมต่ออยู่ในวงจรตลอดเวลา ให้รอเป็นเวลา 15 s
- สำหรับแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่เชื่อมต่อด้วยสายหรืออุปกรณ์ที่สามารถปลดได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือ ให้รอเป็นเวลา 1 s

7.4.3 การทดสอบตามข้อกำหนดการป้องกันอันตราย (protection requirements test)

ดำเนินการทดสอบตามข้อกำหนดการป้องกันอันตรายให้อ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 2603-1 ข้อ 7 ถึง 12 มีหัวข้อการทดสอบดังนี้

7.4.3.1 การทดสอบการป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าช็อกและพลังงานไฟฟ้า

(1) การทดสอบแรงดันอิมพัลส์ (การทดสอบเฉพาะแบบ)

การทดสอบแรงดันอิมพัลส์ต้องดำเนินการด้วยรูปคลื่นแรงดัน 1.2/50 ไมโครวินาที (μs) เพื่อจำลองแรงดันเกินที่เหนี่ยวนำจากฟ้าผ่าหรือเกิดจากการทำงานของอุปกรณ์ประเภทสวิตช์ และต้องมีการทดสอบสำหรับระยะห่างปลอดภัยที่มีค่าต่ำกว่าที่ระบุตามมาตรฐาน มอก. 2603-1 โดยเงื่อนไขการทดสอบแรงดันอิมพัลส์ระบุไว้ในภาคผนวก ข (อ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 2603-1 ข้อ 7)

การทดสอบจะผ่านเกณฑ์เมื่อไม่พบการเจาะทะลุ การวาบไฟตามผิว หรือการเกิดประกายไฟข้ามเกิดขึ้น

(2) การทดสอบแรงดันไฟฟ้า (การทดสอบความคงทนไดอิเล็กตริกของฉนวน)

ดำเนินการทดสอบตามเงื่อนไขการทดสอบความคงทนไดอิเล็กตริกของฉนวนที่ระบุไว้ในภาคผนวก ค (อ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 2603-1 ข้อ 7)

การทดสอบจะผ่านเกณฑ์เมื่อไม่พบการสูญเสียสภาพความเป็นฉนวนหรือเกิดการเบรกดาวน์ทางไฟฟ้า และไม่พบกระแสไฟฟ้าที่ผิดปกติระหว่างการทดสอบ

(3) การทดสอบการดิสชาร์จบางส่วน

ดำเนินการทดสอบตามเงื่อนไขที่ระบุในภาคผนวก ง (อ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 2603-1)

การทดสอบต้องดำเนินการเป็นการทดสอบเฉพาะแบบและการทดสอบตัวอย่าง

(4) การทดสอบการวัดกระแสไฟฟ้าแตะ (การทดสอบเฉพาะแบบ)

การทดสอบการวัดกระแสไฟฟ้าแตะต้องดำเนินการเพื่อตรวจสอบค่ากระแสไฟฟ้าแตะในอุปกรณ์ โดยกระแสไฟฟ้าแตะต้องไม่เกิน 3.5 มิลลิแอมป์ (mA) สำหรับกระแสสลับ และต้องไม่เกิน 10 มิลลิแอมป์ (mA) สำหรับกระแสตรง

วงจรที่ใช้ในการวัดค่ากระแสไฟฟ้าแตะให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในมาตรฐาน IEC 60990 หรืออ้างอิงจากภาคผนวก H ของมาตรฐาน มอก. 2603-1

การทดสอบเฉพาะแบบสำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าต้องทดสอบการใช้งานกรณีไม่มีการต่อลงดิน และทดสอบการใช้งานภายใต้เงื่อนไขการทดสอบอ้างอิงตามที่ระบุใน 7.3.2.1

สำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าที่ต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดสถานที่เปียกชื้นให้ดำเนินการเตรียมสภาพความชื้นล่วงหน้าตามที่ระบุไว้ในหัวข้อ 7.3.4 โดยต้องดำเนินการทันทีก่อนการทดสอบวัดกระแสไฟฟ้าแตะ

สำหรับอุปกรณ์ที่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลายแหล่งที่สามารถจ่ายไฟฟ้าในเวลาเดียวกันภายใต้เงื่อนไขการใช้งานปกติ แหล่งจ่ายไฟฟ้าทุกแหล่งจะต้องถูกเชื่อมต่อและเปิดใช้งานในระหว่างการทดสอบ

(5) การทดสอบอุปกรณ์ที่มีหลายแหล่งจ่าย

สำหรับอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลายแหล่งต้องดำเนินการทดสอบตามข้อกำหนดที่ระบุในหัวข้อ 7.4.1.3 ข้อ (6) (การทดสอบกระแสป้อนกลับ) และข้อ 7.4.2 (การทดสอบแรงดันป้อนกลับ) หรืออ้างอิงตามข้อกำหนดการทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 2603-1 ข้อ 7.5.5

(6) การทดสอบการป้องกันจากอันตรายที่เกิดจากพลังงานไฟฟ้า

(6.1) การตรวจสอบระดับพลังงานอันตราย

การตรวจสอบระดับพลังงานให้ดำเนินการโดยเชื่อมต่อโหลดตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้เข้ากับอุปกรณ์ส่วนที่ต้องการพิจารณา จากนั้นเปิดใช้งานอุปกรณ์ในสภาวะการทำงานปกติ และปรับค่าตัวต้านทานให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้า 240 โวลต์-แอมแปร์ (V·A) คงที่ต่อเนื่องเป็นเวลา 60 s จากนั้นทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า หากค่าแรงดันไฟฟ้ามีค่าตั้งแต่ 2 โวลต์ (V) ขึ้นไป ให้ถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบ

นอกจากนี้ สามารถตรวจสอบระดับพลังงานอันตรายจากการคำนวณพลังงานที่เก็บไว้ในตัวเก็บประจุ (E) สำหรับส่วนของอุปกรณ์ที่มีตัวเก็บประจุที่มีค่าแรงดันซึ่งมีค่า 2 โวลต์ (V) หรือมากกว่า กรณีพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุมีค่าเกิน 20 จูล (J) จะถือว่าเป็นระดับพลังงานอันตราย โดยพลังงานที่เก็บไว้ในตัวเก็บประจุ สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$E = 0.5\ CU^2$$

โดยที่ E คือ พลังงานในหน่วยจูล (J)
C คือ ความจุไฟฟ้าในหน่วยฟารัด (F)
U คือ แรงดันที่วัดได้บนตัวเก็บประจุในหน่วยโวลต์ (V)

(6.2) ตรวจสอบพื้นที่การเข้าถึงของผู้ใช้งาน

อุปกรณ์ต้องถูกออกแบบเพื่อป้องกันความเสี่ยงจากพลังงานที่เป็นอันตรายในพื้นที่ที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถเข้าถึงได้ ในกรณีที่มีส่วนที่นำไฟฟ้าเปลือย 2 ส่วนหรือมากกว่านั้น ซึ่งส่วนนำไฟฟ้าดังกล่าวสามารถก่อให้เกิดอันตรายจากพลังงานไฟฟ้า ให้ตรวจสอบว่าระหว่างส่วนที่นำไฟฟ้าเปลือยที่มีพลังงานอันตรายคงอยู่ถูกเชื่อมต่อถึงกันด้วยวัตถุโลหะหรือไม่

การตรวจสอบการปฏิบัติตามข้อกำหนดให้ดำเนินการโดยใช้การทดสอบด้วยนิ้วทดสอบตามที่แสดงในภาพ D.1 ภาคผนวก D ของมาตรฐาน มอก. 2603-1

(6.3) ตรวจสอบพื้นที่การเข้าถึงเพื่อการดำเนินการ

อุปกรณ์เก็บพลังงานที่ติดตั้งอยู่หลังแผงกั้นซึ่งสามารถถอดออกได้เพื่อการดำเนินการติดตั้ง หรือการตัดการเชื่อมต่อ ต้องไม่มีความเสี่ยงจากพลังงานไฟฟ้าที่เป็นอันตรายเนื่องจากประจุที่หลงเหลือหลังการตัดการจ่ายไฟของอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้า

อุปกรณ์เก็บพลังงานไฟฟ้าภายในของอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าต้องถูกดิสชาร์จจนพลังงานไฟฟ้าหลงเหลือมีค่าน้อยกว่า 20 จูล (J) ภายในเวลา 10 s หลังจากการปลดแหล่งจ่ายไฟออก

ให้ทำการตรวจสอบอุปกรณ์และแผนผังวงจรที่เกี่ยวข้องด้วยการสังเกต พร้อมทั้งพิจารณาความเป็นไปได้ในการตัดการเชื่อมต่อด้วยสวิตช์ในตำแหน่งต่าง ๆ

7.4.3.2 การทดสอบการป้องกันอันตรายทางกล

การทำงานของอุปกรณ์ต้องไม่ก่อให้เกิดอันตรายทางกลภายใต้เงื่อนไขการทำงานปกติหรือสภาวะความผิดพร่องเดี่ยว โดยต้องตรวจสอบตามข้อกำหนดดังนี้

(1) ส่วนที่เคลื่อนที่ได้

ส่วนประกอบที่เคลื่อนที่ได้ต้องไม่ทำให้เกิดการกระแทก บาด หรือทิ่มแทงส่วนของร่างกายของผู้ใช้งานที่สัมผัส รวมถึงไม่หนีบผิวหนังของผู้ปฏิบัติงานอย่างรุนแรง ส่วนของอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ได้ต้องได้รับการจัดวาง ปิดหุ้ม หรือปกป้องด้วยมาตรการป้องกันที่เพียงพอ เพื่อลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของผู้ปฏิบัติงาน

สำหรับอุปกรณ์ตัดการทำงานอัตโนมัติ เช่น อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน อุปกรณ์ตั้งเวลาเริ่มทำงานอัตโนมัติ และอุปกรณ์อื่น ๆ ต้องไม่ถูกใช้งานในกรณีที่การรีเซ็ตโดยไม่คาดคิด อาจก่อให้เกิดอันตราย

การตรวจสอบการปฏิบัติตามข้อกำหนดให้ดำเนินการโดยการสังเกต และในกรณีที่จำเป็นให้ใช้นิ้วทดสอบตามที่ระบุไว้ในรูป D.1 ของภาคผนวก D มอก. 2603-1 เพื่อตรวจสอบว่าส่วนที่เคลื่อนที่ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายไม่สามารถสัมผัสได้ หลังจากถอดส่วนที่ผู้ใช้งานสามารถถอดได้โดยไม่ใช้เครื่องมือ

เมื่อเปิดประตูหรือฝาครอบแล้ว นิ้วทดสอบต้องไม่สามารถสัมผัสส่วนที่เป็นอันตรายได้โดยไม่ออกแรงกดอย่างมีนัยสำคัญในทุกตำแหน่งที่เข้าถึงได้ สำหรับช่องเปิดที่นิ้วทดสอบแบบข้อต่อไม่สามารถสอดเข้าไปได้ ให้ทำการตรวจสอบด้วยนิ้วทดสอบแบบตรงที่ไม่มีข้อต่อ ตามที่ระบุไว้ในรูป D.1 และ D.3 ของภาคผนวก D โดยใช้แรงกด 30 นิวตัน (N) หลังจากทดสอบด้วยนิ้วทดสอบแบบตรงแล้ว ให้ทำการทดสอบซ้ำด้วยนิ้วทดสอบแบบข้อต่อ โดยใช้แรงเท่าที่จำเป็นแต่ต้องไม่เกิน 30 นิวตัน (N)

(2) การป้องกันของผู้ปฏิบัติงาน

กำหนดให้ตรวจสอบว่ามีการป้องกันสำหรับการสัมผัสที่ไม่ได้ตั้งใจกับส่วนที่เคลื่อนที่ที่เป็นอันตรายในระหว่างการดำเนินการซ่อมบำรุงหรือไม่ และผู้ปฏิบัติงานต้องไม่สามารถสัมผัสส่วนที่เคลื่อนที่ที่เป็นอันตรายได้เมื่อส่วนป้องกันยังคงอยู่ ในกรณีที่จำเป็นสามารถถอดตัวป้องกันส่วนที่เคลื่อนที่ได้ออกเพื่อการดำเนินการตรวจสอบ หรือสามารถตรวจสอบการเข้าถึงส่วนที่เคลื่อนที่หรือมีความเสี่ยงต่ออันตรายโดยใช้หัววัดแบบ IP1X ตามมาตรฐาน มอก. 513

เกณฑ์การผ่านการทดสอบให้ใช้การสังเกต ต้องไม่พบความเสี่ยงการสัมผัสที่ไม่ตั้งใจกับส่วนที่เคลื่อนที่ที่เป็นอันตรายในระหว่างการใช้งานปกติ และระหว่างการดำเนินการซ่อมบำรุง

(3) ความมั่นคง

กำหนดให้ทำการทดสอบความมั่นคงของอุปกรณ์และส่วนประกอบของอุปกรณ์ที่ไม่ได้ยึดติดกับโครงสร้างอาคารต้องมีความมั่นคงทางกายภาพภายใต้เงื่อนไขการใช้งานปกติ โดยให้ดำเนินการทดสอบดังนี้

- อุปกรณ์ที่ไม่ใช่อุปกรณ์ที่จับถือได้ ให้ทดสอบเอียงอุปกรณ์ไปในทุกทิศทางทำมุม 10° จากตำแหน่งปกติ
- อุปกรณ์ที่มีความสูง 1 m หรือมากกว่า และมีมวล 25 kg หรือมากกว่า และเป็นอุปกรณ์แบบตั้งพื้น ให้ใช้แรงกระทำที่ตำแหน่งด้านบนสุด หรือที่ความสูง 2 m ในกรณีที่อุปกรณ์มีความสูงเกิน 2 m แรงที่ใช้คือ 250 นิวตัน (N) หรือ 20% ของน้ำหนักของอุปกรณ์ ขึ้นอยู่กับว่าค่าใดมีค่าน้อยกว่า ใช้แรงดังกล่าวกระทำกับอุปกรณ์ในทุกทิศทางยกเว้นทิศขึ้น และประตู ลิ้นชัก ฯลฯ ที่ตั้งใจให้ผู้ปฏิบัติงานเปิดต้องอยู่ในตำแหน่งที่เปิดออกมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ในการใช้งานปกติ
- อุปกรณ์แบบตั้งพื้นให้ใช้แรง 800 นิวตัน (N) กระทำในทิศลงที่จุดที่จะเกิดโมเมนต์สูงที่สุดกับตำแหน่งพื้นผิวทำงานทั้งหมดในแนวระดับ หรือพื้นผิวอื่นที่มีขอบหรือส่วนที่ยื่นออกมาอย่างชัดเจน และไม่เกิน 1 m เหนือระดับพื้น

เกณฑ์การผ่านการทดสอบให้ใช้การสังเกตระหว่างการทดสอบ อุปกรณ์ต้องไม่มีการเสียสมดุล

(4) ส่วนประกอบที่หลุดกระเด็น

กำหนดให้เลือกทำการทดสอบภายใต้เงื่อนไขสภาวะผิดพร่องเดี่ยวซึ่งระบุไว้ในข้อ 7.4.1 เฉพาะหัวข้อที่สามารถทำให้ส่วนประกอบของอุปกรณ์หลุดออกมาในสภาวะผิดพร่อง เพื่อทดสอบว่าไม่พบความเสียหายหรืออันตรายส่วนที่หลุดออกมา และอุปกรณ์ป้องกันที่เกี่ยวข้องต้องไม่สามารถถอดออกได้โดยไม่ใช้เครื่องมือ

7.4.3.3 การทดสอบการป้องกันอันตรายจากเพลิงไหม้

(1) การทดสอบความทนไฟ

กำหนดให้ตรวจสอบวัสดุ ส่วนประกอบ และโครงสร้าง ว่ามีความเสี่ยงของการติดไฟและการกระจายของเปลวไฟทั้งภายในและภายนอกอุปกรณ์หรือไม่ โดยพิจารณาตามข้อกำหนดดังนี้

(1.1) การลดความเสี่ยงของการติดไฟและการลามไฟ

กำหนดให้ตรวจสอบมาตรการลดความเสี่ยงของการติดไฟให้เป็นไปตามที่ระบุในมาตรฐาน มอก. 2603-1 ข้อ 9.1

(1.2) เงื่อนไขสำหรับตัวครอบกันไฟ

กำหนดให้ตรวจสอบตัวครอบกันไฟ ในกรณีที่ตัวครอบกันไฟจำเป็นต้องใช้งานสำหรับอุปกรณ์หรือส่วนประกอบของอุปกรณ์ ต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดในมาตรฐาน มอก. 2603-1 ข้อ 9.1

(1.3) ข้อกำหนดของวัสดุสำหรับการป้องกันต่ออันตรายจากเพลิงไหม้

กำหนดให้ตรวจสอบวัสดุสำหรับการป้องกันต่ออันตรายจากเพลิงไหม้ให้เป็นไปตามข้อกำหนดของวัสดุสำหรับการป้องกันต่ออันตรายจากเพลิงไหม้ ตามมาตรฐาน มอก. 2603-1 ข้อ 9.1 หรือข้อกำหนดความไวไฟของวัสดุที่ใช้แสดงในตาราง จ-1 ภาคผนวก จ

การปฏิบัติตามข้อกำหนดนี้ตรวจสอบโดยการสังเกตอุปกรณ์และข้อมูลวัสดุที่ใช้ และในกรณีจำเป็นสามารถใช้การทดสอบที่เหมาะสมตามข้อกำหนดของมาตรฐาน IEC60695

(1.4) ช่องเปิดในตัวครอบกันไฟ

กำหนดให้ตรวจสอบช่องเปิดในตัวครอบกันไฟ ในกรณีมีช่องเปิดในตัวครอบกันไฟในอุปกรณ์ โดยให้อ้างอิงข้อกำหนดตามมาตรฐาน มอก. 2603-1 ข้อ 9.1

การปฏิบัติตามข้อกำหนดให้ตรวจสอบโดยการสังเกต การวัดค่า และในกรณีที่เป็นไปได้ อาจใช้การทดสอบ โดยให้ประตูหรือฝาปิดทั้งหมดอยู่ในตำแหน่งปิดปกติ และอุปกรณ์รอบข้างหรือชิ้นส่วนประกอบ เช่น แบตเตอรี่ ติดตั้งตามลักษณะการใช้งานปกติในระหว่างดำเนินการตรวจสอบ ในกรณีที่มีการทดสอบโดยการจำลองความผิดพร่อง ตัวกั้นที่เคลือบโลหะหรือตัวครอบกันไฟต้องไม่พบการติดไฟ

(2) การทดสอบแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ถูกจำกัด

กำหนดให้มีการทดสอบแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ถูกจำกัดการทำงาน โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 2603-1 ข้อ 9.2

การปฏิบัติตามข้อกำหนดให้ตรวจสอบโดยการสังเกต และการวัดปริมาณทางไฟฟ้าเพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ระบุตามมาตรฐาน

(3) การทดสอบการป้องกันการลัดวงจรและกระแสไฟฟ้าเกิน

กำหนดให้มีการทดสอบอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าภายใต้เงื่อนไขการลัดวงจรหรือกระแสไฟฟ้าเกินขนาดที่ตำแหน่งจุดต่อใด ๆ ระหว่างเฟสถึงเฟส เฟสถึงดิน และเฟสถึงนิวทรัล

สำหรับวงจรขาเข้าทั้งหมดต้องมีการป้องกันการลัดวงจรและกระแสไฟฟ้าเกิน และสำหรับวงจรขาออกที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับการทดสอบแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ถูกจำกัดต้องมีการป้องกันการลัดวงจรและกระแสไฟฟ้าเกิน ยกเว้นในกรณีที่วงจรดังกล่าวไม่มีความเสี่ยงจากอันตรายเนื่องจากกระแสไฟฟ้าเกิน

ในกรณีที่อุปกรณ์ป้องกันทำหน้าที่ตัดการเชื่อมต่อของตัวนำไฟฟ้านิวทรัล ต้องสั่งให้ตัดตัวนำที่ไม่ได้ต่อลงดินทั้งหมดในวงจรเดียวกันพร้อมกัน สำหรับอุปกรณ์ป้องกันหรือชุดอุปกรณ์ที่ต้องการให้ผู้ใช้งานทำการเปลี่ยนหรือจัดวางใหม่ หากมีการตัดการเชื่อมต่อสายตัวนำไฟฟ้ามากกว่าหนึ่งเส้น การจัดวางใหม่ของตัวนำไฟฟ้าทั้งหมดที่เกี่ยวข้องต้องอยู่รวมกันในตำแหน่งเดียวกัน

การทดสอบและเกณฑ์การผ่านการทดสอบให้อ้างอิงการทดสอบตามที่ระบุใน การทดสอบความผิดพร่องเดี่ยว ข้อ 7.4.1.3 หัวข้อ (5) การทดสอบลัดวงจรด้านขาออก และ (7) การทดสอบการจ่ายโหลดขาออกเกินพิกัด

7.4.3.4 การทดสอบการป้องกันอันตรายจากความดันเสียง

กำหนดให้ทดสอบระดับความดันเสียง ในกรณีที่อุปกรณ์สร้างเสียงรบกวนในระดับที่อาจเป็นอันตราย เสียงรบกวนดังกล่าวต้องถูกวัดเพื่อกำหนดระดับความดันเสียงสูงสุดที่อุปกรณ์สามารถสร้างขึ้น (ยกเว้นเสียงจากสัญญาณเตือนและเสียงจากแหล่งที่อยู่ห่างไกล) ในกรณีที่ระดับความดันเสียงที่วัดได้เกิน 80 เดซิเบลที่ปรับด้วยเกณฑ์ A (dBA) จากความดันเสียงอ้างอิงที่ 20 ไมโครปาสคาล (μPa) ในระยะการวัด 1 เมตร (m) คู่มือการใช้งานต้องระบุข้อมูลเกี่ยวกับระดับความดันเสียง พร้อมทั้งวิธีลดความเสี่ยงที่อาจเกิดกับการได้ยินให้อยู่ในระดับปลอดภัย นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์ต้องมีการทำเครื่องหมายด้วยสัญลักษณ์หมายเลข 22 ตามมาตรฐาน มอก. 2603-1 ภาคผนวก C

การปฏิบัติตามข้อกำหนดให้ตรวจสอบโดยการวัดและคำนวณระดับความดันเสียงสูงสุดตามมาตรฐาน ISO 3746, ISO 9614-1, ISO 9614-2 หรือ ISO 9614-3

7.4.3.5 การทดสอบการป้องกันอันตรายจากของเหลว

(1) การเก็บรักษาของเหลว ความดัน และการรั่วไหล

การทดสอบทำได้โดยการเติมของเหลวลงในถังจนเกินความจุที่ระบุ โดยไม่ทำให้ส่วนที่มีไฟฟ้าหรือฉนวนไฟฟ้าเปียกชื้น ในกรณีที่ถังมีการทำเครื่องหมายระดับของเหลวอย่างชัดเจนให้เติมของเหลวถึงระดับที่แนะนำ แต่ในกรณีที่ไม่มีการทำเครื่องหมายระดับของเหลวให้เติมของเหลวจนเต็มความจุของถัง จากนั้นเติมของเหลวเพิ่มอีก 50% ของปริมาณของเหลวเดิมในถัง แต่ไม่เกิน 2 ลิตร (L) จากนั้นสังเกตว่ามีความเปียกชื้นที่ส่วนที่มีไฟฟ้าและไม่มีฉนวนหรือไม่ ในกรณีที่การตรวจสอบโดยสังเกตไม่สามารถยืนยันผลได้ให้ดำเนินการทดสอบแรงดันไฟฟ้าตามข้อกำหนดใน 7.4.3.1 ข้อ (2) การทดสอบแรงดันไฟฟ้า

(2) ความดันของของเหลวและการรั่วไหล

(2.1) ความดันสูงสุด

กำหนดให้ตรวจสอบความดันสูงสุดที่ส่วนประกอบของอุปกรณ์ในการใช้งานปกติหรือภายใต้เงื่อนไขความผิดพร่องเดี่ยวต้องไม่เกินค่าความดันทำงานสูงสุดที่ระบุไว้สำหรับส่วนประกอบนั้น ๆ ตรวจสอบโดยการสังเกตค่าพิกัดของส่วนประกอบ และในกรณีที่จำเป็นให้ตรวจสอบโดยการวัดค่าความดัน โดยความดันสูงสุดต้องพิจารณาจากค่าสูงสุดของตัวแปรดังต่อไปนี้

- ค่าความดันสูงสุดที่พิกัดที่ระบุสำหรับเครื่องอัดความดันอากาศภายนอก
- การตั้งค่าความดันของอุปกรณ์ป้องกันความดันเกินที่มีไว้เป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ประกอบ
- ความดันสูงสุดที่สามารถสร้างขึ้นได้โดยเครื่องอัดความดันอากาศที่เป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ประกอบ โดยความดันดังกล่าวไม่ถูกจำกัดด้วยอุปกรณ์ป้องกันความดันเกิน

(2.2) การรั่วไหลจากส่วนประกอบ

กำหนดให้ตรวจสอบการรั่วไหลของของเหลวจากส่วนที่เก็บของเหลวต้องไม่ก่อให้เกิดอันตราย โดยการสังเกตค่าพิกัดของส่วนประกอบ และในกรณีที่จำเป็นให้ตรวจสอบโดยการนำส่วนประกอบนั้นทดสอบกับของเหลวที่มีความดันเป็นสองเท่าของความดันสูงสุดในการใช้งานปกติ ต้องไม่พบการรั่วไหลที่ทำให้เกิดอันตราย

(2.3) อุปกรณ์ป้องกันความดันเกิน

กำหนดให้ตรวจสอบระบบการเก็บของเหลวแบบปิดต้องมีอุปกรณ์ป้องกันความดันสูงเกิน ซึ่งอุปกรณ์ป้องกันดังกล่าวต้องไม่ทำงานในสภาวะการใช้งานปกติ โดยอุปกรณ์ป้องกันความดันสูงต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

- อุปกรณ์ป้องกันถูกติดตั้งในตำแหน่งใกล้ชิดกับส่วนของระบบที่มีของเหลวภายในที่จะทำการป้องกัน
- อุปกรณ์ป้องกันถูกติดตั้งในตำแหน่งที่สามารถเข้าถึงได้สะดวกเพื่อการตรวจสอบ บำรุงรักษา และซ่อมแซม

• อุปกรณ์ป้องกันสามารถถูกปรับเปลี่ยนได้ผ่านการใช้เครื่องมือเท่านั้น

• อุปกรณ์ป้องกันมีช่องสำหรับปล่อยของเหลวออกมา โดยช่องทางนั้นไม่ปล่อยของเหลวไปยังบุคคล

• อุปกรณ์ป้องกันมีช่องสำหรับปล่อยของเหลวออกมา โดยช่องทางนั้นไม่ปล่อยของเหลวไปยังส่วนใด ๆ ที่อาจเป็นเหตุให้เกิดอันตราย

• อุปกรณ์ป้องกันสามารถปล่อยของเหลวออกได้ในปริมาณที่เพียงพอที่จะทำให้ไม่เกิดความดันเกินพิกัดความดันทำงานสูงสุดของระบบเมื่อเกิดความล้มเหลวของการควบคุมความดันของการจ่ายของเหลว

• ไม่มีวาล์วปิด (shut-off valve) ระหว่างอุปกรณ์ป้องกันและส่วนที่จะป้องกัน

เกณฑ์การผ่านการทดสอบตรวจสอบโดยการสังเกต และการทดสอบในหัวข้อ 7.4.3.5 หัวข้อย่อย (2.2) การรั่วไหลของส่วนประกอบ

(3) น้ำมันและไขมัน

กำหนดให้ตรวจสอบ ในกรณีสายไฟภายใน ชุดขดลวด คอมมิวเตเตอร์ วงแหวนลื่น (slip-rings) ส่วนประกอบอื่นในลักษณะเดียวกัน และฉนวนทั่วไปเมื่อสัมผัสกับน้ำมัน ไขมัน หรือสารที่คล้ายกัน ฉนวนต้องมีคุณสมบัติที่เพียงพอในการต้านทานการเสื่อมสภาพภายใต้เงื่อนไขดังกล่าว

เกณฑ์การผ่านการทดสอบตรวจสอบโดยการสังเกต และการประเมินข้อมูลคุณสมบัติของวัสดุฉนวนตามที่ผู้ผลิตระบุ

7.4.3.6 การป้องกันอันตรายจากสารเคมี

ในกรณีที่สารเคมีอยู่ในรูปแบบของเหลวจะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดของหัวข้อเพิ่มเติมในมาตรฐาน มอก. 2603-1 ข้อ 12

เกณฑ์การผ่านการทดสอบตรวจสอบโดยการสังเกต และในกรณีที่จำเป็นให้ทดสอบความสามารถในการเข้าถึง การรั่วไหล หรือการระเหยเป็นไอที่เกิดขึ้นในสภาวะปกติและเมื่อเกิดความผิดพร่อง

7.5 การทดสอบประสิทธิภาพ

7.5.1 การทดสอบพิกัดทางไฟฟ้า

7.5.1.1 พิกัดทางไฟฟ้าขาเข้า

การทดสอบอ้างอิงตามที่ระบุในหัวข้อ 7.3.2 จากนั้นวัดค่ากระแสไฟฟ้าหรือกำลังไฟฟ้าที่เข้าสู่อุปกรณ์อย่างต่อเนื่อง โดยจ่ายกระแสไฟฟ้าและกำลังขาเข้าไม่เกิน 10% จากค่าพิกัดที่ระบุไว้บนอุปกรณ์ จะต้องสามารถรับกำลังไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าได้ตามค่าที่ระบุโดยไม่มีอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินทำงานและไม่มีการปิดการทำงานเนื่องจากการทำงานของระบบป้องกันอุณหภูมิสูงเกินไป

7.5.1.2 พิกัดทางไฟฟ้าขาออก

การทดสอบอ้างอิงตามที่ระบุในหัวข้อ 7.3.2 จากนั้นวัดค่ากระแสไฟฟ้าหรือกำลังไฟฟ้าที่อุปกรณ์จ่ายให้โหลดอย่างต่อเนื่อง โดยจ่ายกระแสไฟฟ้าและกำลังขาเข้าไม่เกิน 10% จากค่าพิกัดที่ระบุไว้บน

อุปกรณ์ จะต้องสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าได้ตามค่าที่ระบุโดยไม่มีอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินทำงาน และไม่มีการปิดการทำงานเนื่องจากการทำงานของระบบป้องกันอุณหภูมิสูงเกินไป

7.5.2 การทดสอบทางความร้อน

ดำเนินการตามข้อกำหนดและขั้นตอนการทดสอบทางความร้อน ตามมาตรฐาน มอก. 2603-1 ข้อ 4.3 ระหว่างการทดสอบต้องไม่มีการปิดการทำงานเนื่องจากการทำงานของระบบป้องกันอุณหภูมิสูงเกินไป และอุณภูมิของส่วนประกอบต่าง ๆ ของอุปกรณ์ต้องไม่เกินค่าที่ระบุโดยผู้ผลิต

7.6 การทดสอบการทำงานร่วมกัน

การทดสอบการทำงานร่วมกันในมาตรฐานฉบับนี้ ระบุรายละเอียดการทดสอบความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าเท่านั้น ประกอบด้วยหัวข้อการทดสอบ 2 ประเด็นหลัก คือ การทดสอบภูมิคุ้มกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (immunity test) และการทดสอบการปล่อยคลื่น (emission test) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

7.6.1 การทดสอบภูมิคุ้มกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (immunity test)

การทดสอบข้อกำหนดภูมิคุ้มกันจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบด้วยการทดสอบ 6 หัวข้อดังนี้

7.6.1.1 การทดสอบภูมิคุ้มกันการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตย์ (electrostatic discharge)

(1) ขั้นตอนการทดสอบ

กำหนดให้ดำเนินการทดสอบตามขั้นตอนการทดสอบ และใช้รูปแบบของคลื่นแบบปกติของกระแสไฟฟ้าที่ถูกปล่อยออกมา (discharge current) ตามมาตรฐาน มอก. 1452 เล่ม 4 (IEC 61000-4-2) หรือมาตรฐาน สทร. EC-6001

(2) เกณฑ์การทดสอบ

กำหนดให้อ้างอิงเงื่อนไขตามที่ระบุในหัวข้อ 7.6.1.7 เงื่อนไขการทำงานขณะทดสอบ และอ้างอิงเกณฑ์การผ่านการทดสอบตามที่ระบุในหัวข้อ 7.6.1.8 ข้อกำหนดเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน

(3) ตัวอย่างวงจรสำหรับทดสอบ

การติดตั้งอุปกรณ์และวงจรทดสอบให้อ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 1452 เล่ม 4 (IEC 61000-4-2) หรือมาตรฐาน สทร. EC-6001 ภาคผนวก จ

7.6.1.2 การทดสอบภูมิคุ้มกันสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่วิทยุที่แผ่ออก (radiated disturbances)

(1) ขั้นตอนการทดสอบ

กำหนดให้ดำเนินการทดสอบตามขั้นตอนการทดสอบและคำแนะนำอ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 61000 เล่ม 4(3) หรือ IEC 61000-4-3 หรือมาตรฐาน สทร. EC-6001

(2) เกณฑ์การทดสอบ

กำหนดให้อ้างอิงเงื่อนไขการทดสอบตามที่ระบุในหัวข้อ 7.6.1.7 เงื่อนไขการทำงานขณะทดสอบ และอ้างอิงเกณฑ์การผ่านการทดสอบตามที่ระบุในหัวข้อ 7.6.1.8 ข้อกำหนดเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน

(3) ตัวอย่างวงจรสำหรับทดสอบ

การติดตั้งอุปกรณ์และวงจรทดสอบให้อ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 61000 เล่ม 4(3) หรือ IEC 61000-4-3 หรือมาตรฐาน สทร. EC-6001 ภาคผนวก ฉ.

7.6.1.3 การทดสอบภูมิคุ้มกันภาวะชั่วครู่อย่างเร็วทางไฟฟ้า (electrical fast transient/burst)

(1) ขั้นตอนการทดสอบ

กำหนดให้ดำเนินการทดสอบตามขั้นตอนการทดสอบและคำแนะนำอ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 1454 หรือ IEC 61000-4-4 หรือมาตรฐาน สทร. EC-6001

(2) เกณฑ์การทดสอบ

กำหนดให้อ้างอิงเงื่อนไขการทดสอบตามที่ระบุใน 7.6.1.7 เงื่อนไขการทำงานขณะทดสอบ และอ้างอิงเกณฑ์การผ่านการทดสอบตามที่ระบุในหัวข้อ 7.6.1.8 ข้อกำหนดเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน

(3) ตัวอย่างวงจรสำหรับทดสอบ

การติดตั้งอุปกรณ์และวงจรทดสอบให้อ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 1454 หรือ IEC 61000-4-4 หรือมาตรฐาน สทร. EC-6001 ภาคผนวก ช

7.6.1.4 การทดสอบภูมิคุ้มกันจากการเกิดแรงดันกระชาก (surge)

(1) ขั้นตอนการทดสอบ

กำหนดให้ดำเนินการทดสอบตามขั้นตอนการทดสอบและคำแนะนำอ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 1455 หรือ IEC 61000-4-5 หรือมาตรฐาน สทร. EC-6001

(2) เกณฑ์การทดสอบ

กำหนดให้อ้างอิงเงื่อนไขการทดสอบตามที่ระบุใน 7.6.1.7 เงื่อนไขการทำงานขณะทดสอบ และอ้างอิงเกณฑ์การผ่านการทดสอบตามที่ระบุในหัวข้อ 7.6.1.8 ข้อกำหนดเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน

(3) ตัวอย่างวงจรสำหรับทดสอบ

การติดตั้งอุปกรณ์และวงจรทดสอบให้อ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 1455 หรือ IEC 61000-4-5 หรือมาตรฐาน สทร. EC-6001 ภาคผนวก ซ

7.6.1.5 การทดสอบภูมิคุ้มกันต่อสัญญาณรบกวนที่นำตามสายซึ่งเหนี่ยวนำโดยสนามความถี่วิทยุ (Conducted disturbances, induced by radio-frequency fields)

(1) ขั้นตอนการทดสอบ

กำหนดให้ดำเนินการทดสอบตามขั้นตอนการทดสอบและคำแนะนำให้อ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 61000 เล่ม 4(6) หรือ IEC 61000-4-6

(2) เกณฑ์การทดสอบ

กำหนดให้อ้างอิงเงื่อนไขการทดสอบตามที่ระบุใน 7.6.1.7 เงื่อนไขการทำงานขณะทดสอบ และอ้างอิงเกณฑ์การผ่านการทดสอบตามที่ระบุในหัวข้อ 7.6.1.8 ข้อกำหนดเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน

(3) ตัวอย่างวงจรสำหรับทดสอบ

การติดตั้งอุปกรณ์และวงจรทดสอบให้อ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 61000 เล่ม 4(6) หรือ IEC 61000-4-6 หรือมาตรฐาน สทร. EC-6001 ภาคผนวก ฌ

7.6.1.6 การทดสอบภูมิคุ้มกันเมื่อแรงดันไฟฟ้าดิ่งลงและขาดหายไปเป็นระยะเวลาสั้น ๆ (voltage dips and interruption)

(1) ขั้นตอนการทดสอบ

กำหนดให้ดำเนินการทดสอบตามขั้นตอนการทดสอบและคำแนะนำให้อ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 1460 หรือ IEC 61000-4-11 และ IEC 61000-4-34

(2) เกณฑ์การทดสอบ

กำหนดให้อ้างอิงเงื่อนไขการทดสอบตามที่ระบุใน 7.6.1.7 เงื่อนไขการทำงานขณะทดสอบ และอ้างอิงเกณฑ์การผ่านการทดสอบตามที่ระบุในหัวข้อ 7.6.1.8 ข้อกำหนดเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน

(3) ตัวอย่างวงจรสำหรับทดสอบ

การติดตั้งอุปกรณ์และวงจรทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 1460 หรือ IEC 61000-4-11 และ IEC 61000-4-34 หรือ ดูตัวอย่างวงจรทดสอบในภาคผนวก จ

7.6.1.7 เงื่อนไขการทำงานขณะทดสอบ

(1) ข้อกำหนดทั่วไป

กำหนดให้โหมดการทำงานสำหรับการทดสอบแบ่งเป็น 2 โหมดดังต่อไปนี้

โหมดสแตนด์บาย - อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าเชื่อมต่อกับระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าหลักกระแสสลับและถูกจ่ายไฟเข้า แต่ไม่ผลิตหรือจ่ายไฟฟ้ากลับเข้าไปในระบบไฟฟ้าหลักกระแสสลับหรืออุปกรณ์กักเก็บพลังงานไฟฟ้า ระดับแรงดันไฟฟ้าที่พอร์ตกำลังไฟฟ้ากระแสตรงไม่บังคับให้ต้องอยู่ในช่วงการทำงานตามที่กำหนด

โหมดการทำงานเพื่ออัดประจุให้กับอุปกรณ์กักเก็บพลังงานไฟฟ้า และ/หรือจากโครงข่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ - อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าต้องทำงานที่จุดการทำงานตามที่กำหนด

(2) เงื่อนไขการทำงานสำหรับการทดสอบข้อกำหนดด้านภูมิคุ้มกัน

การทดสอบภูมิคุ้มกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ให้ดำเนินการภายในช่วงการทำงานปกติที่กำหนดโดยผู้ผลิต การทดสอบภูมิคุ้มกันต่อการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต ให้ดำเนินการภายใต้สภาวะการทำงานทั้งหมดสำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าในโหมดสแตนด์บายและโหมดการทำงาน

การทดสอบภูมิคุ้มกันต่อการรบกวนจากการแผ่รังสี การทดสอบภูมิคุ้มกันจากการเกิดแรงดันไฟฟ้าเกินชั่วครู่อย่างเร็วทางไฟฟ้า และการทดสอบภูมิคุ้มกันจากการเกิดแรงดันกระชากให้ดำเนินการในโหมดการทำงาน

สำหรับการทดสอบแรงดันกระชาก (surge) ให้ดำเนินการในโหมดสแตนด์บายด้วยรีเลย์ ในกรณีที่มีการติดตั้งรีเลย์ทางด้านกระแสไฟฟ้าสลับ และ/หรือกระแสไฟฟ้าตรง สถานะที่มีรีเลย์เปิดอาจพิจารณาเป็นกรณีที่เลวร้ายที่สุดสำหรับการทดสอบไฟกระชากเนื่องจากไม่มีการต่อโหลดและแหล่งจ่ายไฟฟ้า

การทดสอบภูมิคุ้มกันต่อสัญญาณรบกวนที่นำตามสายซึ่งเหนี่ยวนำโดยสนามความถี่วิทยุ และการทดสอบภูมิคุ้มกันต่อแรงดันไฟฟ้าดิ่งลง (voltage dip) และขาดหายไปเป็นระยะเวลาสั้น ๆ (interruption) ให้ดำเนินการในโหมดการทำงาน โดยให้อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าทำงานที่กำลังไฟฟ้าสูงสุดตามที่ระบุในพิกัดของอุปกรณ์

7.6.1.8 ข้อกำหนดเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน

ข้อกำหนดภูมิคุ้มกันและเกณฑ์ประสิทธิภาพ ระบุในภาคผนวก ฉ ของมาตรฐานฉบับนี้ใช้สำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้า ชั้น A (อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสำหรับใช้ในสภาพแวดล้อมที่ไม่ใช่ที่พักอาศัย) โดยใช้เกณฑ์สำหรับการทดสอบภูมิคุ้มกันอ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 62920 หรือ IEC 62920

7.6.2 การทดสอบการปล่อยคลื่น (emission test)

กำหนดให้ดำเนินการทดสอบการปล่อยคลื่นตามข้อกำหนด 2 หัวข้อดังนี้

• การทดสอบข้อกำหนดการปล่อยคลื่นความถี่ต่ำ (low frequency emission requirement test) แบ่งออกเป็น 2 หัวข้อการทดสอบย่อย ได้แก่ 1) ฮาร์มอนิกส์ (harmonics) และ 2) ความผันผวนของแรงดันไฟฟ้าและการกระพริบ (voltage fluctuation and flicker)

• การทดสอบข้อกำหนดการปล่อยคลื่นความถี่สูง (high frequency emission requirement test) แบ่งออกเป็น 2 หัวข้อการทดสอบย่อย ได้แก่ 1) การรบกวนจากการนำ (conducted disturbances) และ 2) การรบกวนจากการแผ่รังสี (radiated disturbances)

7.6.2.1 การทดสอบข้อกำหนดการปล่อยคลื่นความถี่ต่ำ (low frequency emission requirement test)

(1) การทดสอบฮาร์มอนิกส์ (harmonics test)

(1.1) ขั้นตอนและเงื่อนไขการทดสอบ

ให้อ้างอิงตามมาตรฐานมอก. 61000 เล่ม 3(2) สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีกระแสไฟฟ้าสูงสุด 16 แอมแปร์ (A) และมาตรฐาน IEC 61000-3-12 สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีกระแสไฟฟ้าสูงสุด 75 แอมแปร์ (A)

สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีกระแสไฟฟ้าเกิน 75 แอมแปร์ (A) ให้อ้างอิงมาตรฐาน IEC TR 61000-3-6 สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีกำลังไฟสูงที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายแรงดันไฟฟ้าปานกลาง และแรงดันไฟฟ้าสูง และมาตรฐาน IEC TR 61000-3-14 สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีกำลังไฟฟ้าสูงที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายแรงดันไฟฟ้าต่ำ

ตัวอย่างวงจรการทดสอบดูในภาคผนวก ช. ของมาตรฐานฉบับนี้

(1.2) เกณฑ์การยอมรับ

การทดสอบการปล่อยคลื่นความถี่ต่ำให้ดำเนินการทดสอบที่พอร์ตไฟฟ้าหลักกระแสสลับของอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายไฟฟ้าแรงต่ำ และพอร์ตไฟฟ้ากระแสสลับเสริมที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแรงต่ำสาธารณะหรือการติดตั้งอยู่กับเครือข่ายไฟฟ้ากระแสสลับแรงต่ำอื่น ๆ

เกณฑ์การประเมินให้อ้างอิงตามข้อกำหนดและขีดจำกัดที่ระบุในมาตรฐานมอก. 62920

(2) การทดสอบความผันผวนของแรงดันไฟฟ้าและการกระพริบ (voltage fluctuation and flicker test)

(2.1) ขั้นตอนและเงื่อนไขการทดสอบ

ให้อ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 61000 เล่ม 3(3) สำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าแรงดันต่ำที่มีกระแสไฟฟ้าสูงสุด 16 แอมแปร์ (A) และให้อ้างอิงมาตรฐาน มอก. 2484 สำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าสูงสุดเกิน 16 แอมแปร์ (A) แต่ไม่เกิน 75 แอมแปร์ (A)

ให้อ้างอิงตามมาตรฐาน IEC 61000-3-5 สำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าสูงสุดเกิน 75 แอมแปร์ (A) ขึ้นไป

กำหนดให้ขีดจำกัดสำหรับการกระพริบระยะสั้นเท่ากับ 1.0 สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ส่งออกพลังงานไปยังระบบจ่ายไฟ

ตัวอย่างวงจรการทดสอบดูในภาคผนวก ช. ของมาตรฐานฉบับนี้

(2.2) เกณฑ์การยอมรับ

การทดสอบการปล่อยคลื่นความถี่ต่ำให้ดำเนินการทดสอบที่พอร์ตไฟฟ้าหลักกระแสสลับของอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายไฟฟ้าแรงต่ำ และพอร์ตไฟฟ้ากระแสสลับเสริมที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแรงต่ำสาธารณะหรือการติดตั้งอยู่กับเครือข่ายไฟฟ้ากระแสสลับแรงต่ำอื่น ๆ

เกณฑ์การประเมินให้อ้างอิงตามข้อกำหนดและขีดจำกัดที่ระบุในมาตรฐานมอก. 62920

7.6.2.2 การทดสอบข้อกำหนดการปล่อยคลื่นความถี่สูง (high frequency emission requirement test)

(1) การทดสอบการรบกวนจากการนำ (conducted disturbances test)

(1.1) ขั้นตอนและเงื่อนไขการทดสอบ

กำหนดให้ดำเนินการทดสอบอ้างอิงตามขั้นตอนการทดสอบและคำแนะนำตามมาตรฐาน สทร. EC-6001 ซึ่งอ้างอิงตามข้อกำหนด EN 50121-3-2 และมีความสอดคล้องกับรายละเอียดเพิ่มเติมที่ระบุใน EN 55011 ตัวอย่างวงจรทดสอบให้อ้างอิงตามมาตรฐาน สทร. EC-6001 ภาคผนวก ง

(1.2) เกณฑ์การยอมรับ

กำหนดให้พิจารณาขีดจำกัดของแรงดันรบกวน (disturbance voltage limit) ที่ช่วงความถี่ที่แตกต่างกัน โดยให้พิจารณาขีดจำกัดที่พอร์ต 3 แบบ ได้แก่ 1) พอร์ตกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ 2) พอร์ตกำลังไฟฟ้ากระแสตรง 3) พอร์ตเครือข่ายแบบใช้สายและพอร์ตสัญญาณและพอร์ตควบคุม ซึ่งค่ายอดเสมือน (quasi-peak) และค่าเฉลี่ย (average) จะต้องไม่เกินขีดจำกัดที่กำหนดไว้จึงจะถือว่าเป็นไปตามข้อกำหนดการปล่อยคลื่นความถี่สูง

สำหรับขีดจำกัดของแรงดันรบกวนของอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าชั้น A (อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสำหรับใช้ในสภาพแวดล้อมที่ไม่ใช่ที่พักอาศัย) ให้อ้างอิงตามที่ระบุในมาตรฐาน มอก. 62920 หรือดูในภาคผนวก ช ของมาตรฐานฉบับนี้

(2) การทดสอบการรบกวนจากการแผ่รังสี (radiated disturbances test)

(2.1) ขั้นตอนและเงื่อนไขการทดสอบ

กำหนดให้ดำเนินการทดสอบโดยอ้างอิงขั้นตอนการทดสอบและคำแนะนำตามมาตรฐาน สทร. EC-6001 ซึ่งอ้างอิงตามข้อกำหนด EN 50121-3-2 และมีความสอดคล้องกับรายละเอียดเพิ่มเติมที่ระบุใน EN 55011 ตัวอย่างวงจรการทดสอบให้อ้างอิงตามมาตรฐาน สทร. EC-6001 ภาคผนวก ค

(2.2) เกณฑ์การยอมรับ

กำหนดให้พิจารณาขีดจำกัดการรบกวนของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่ช่วงความถี่ที่แตกต่างกัน โดยทำการวัดค่าที่ 3 ระยะ ได้แก่ 3 m 5 m และ 10 m ซึ่งค่ายอดเสมือน (quasi-peak) และค่าเฉลี่ยต้องไม่เกินขีดจำกัดที่กำหนดไว้จึงจะถือว่าเป็นไปตามข้อกำหนดการปล่อยคลื่นความถี่สูง

สำหรับขีดจำกัดสำหรับการรบกวนการแผ่รังสีสำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าชั้น A ซึ่งวัดค่าที่สถานที่ทดสอบ ให้อ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 62920 หรือดูในภาคผนวก ฌ ของมาตรฐานฉบับนี้

7.6.3 วิธีการทดสอบทางเลือกสำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าที่มีพิกัดกำลังสูง

สำหรับการทดสอบภูมิคุ้มกันต่อการรบกวนและการปล่อยสัญญาณของอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าที่มีพิกัดกำลังสูง (High-power PCE) ในกรณีที่อุปกรณ์ทดสอบทั่วไปไม่สามารถใช้ดำเนินการ

ทดสอบได้ เนื่องจากระดับกระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากำลังสูงนั้นเกินความสามารถของกระแสไฟฟ้าที่อุปกรณ์ทดสอบรองรับได้ ให้พิจารณาวิธีการทดสอบทางเลือกตามมาตรฐาน มอก. 62920

7.7 การทดสอบการใช้งาน

7.7.1 การทดสอบพิกัดทางไฟฟ้า

สำหรับหัวข้อการทดสอบนี้ กรณีดำเนินการทดสอบตามข้อกำหนดในหัวข้อ 7.5.1 และผ่านเกณฑ์การทดสอบในหัวข้อดังกล่าวมาแล้ว ให้ถือว่าผ่านเกณฑ์การทดสอบในหัวข้อนี้ด้วย

7.7.2 การทดสอบทางความร้อน

สำหรับหัวข้อการทดสอบนี้ กรณีดำเนินการทดสอบตามข้อกำหนดในหัวข้อ 7.5.2 และผ่านเกณฑ์การทดสอบในหัวข้อดังกล่าวมาแล้ว ให้ถือว่าผ่านเกณฑ์การทดสอบในหัวข้อนี้ด้วย

7.8 การทดสอบความคงทนทางกายภาพ

สำหรับการทดสอบความคงทนทางกายภาพของส่วนประกอบของสถานีชาร์จหรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง กำหนดให้ดำเนินการทดสอบ โดยอ้างอิงรายการการทดสอบและคำแนะนำตามมาตรฐาน มอก. 2603-1 หรือ IEC 62109-1 ประกอบด้วยหัวข้อการทดสอบ 8 หัวข้อ ดังนี้

7.8.1 การทดสอบมือจับและส่วนที่ควบคุมด้วยมือ

กำหนดให้ทดสอบมือจับ มือหมุน คันโยก หรือส่วนประกอบในลักษณะเดียวกัน ต้องมีการติดตั้งอย่างแน่นหนาไม่เกิดการหลุดหลวมในระหว่างการใช้งานปกติ ซึ่งอาจเป็นเหตุให้เกิดอันตราย วัสดุสำหรับช่วยในการยึดส่วนประกอบให้แน่นขึ้นนอกเหนือจากเรซิ่นแข็ง ต้องไม่นำมาใช้ป้องกันการคลายตัวหรือหลุดหลวม กรณีมือจับ มือหมุน และส่วนประกอบลักษณะเดียวกันถูกใช้ในการระบุตำแหน่งของสวิตช์หรืออุปกรณ์ที่มีลักษณะเดียวกัน ส่วนประกอบดังกล่าวจะต้องไม่สามารถติดตั้งในตำแหน่งที่ผิดได้ในกรณีที่อาจทำให้เกิดอันตราย

การผ่านการทดสอบให้ตรวจสอบโดยการสังเกต การทดสอบด้วยมือ และการพยายามถอดมือจับ มือหมุน โดยการใช้แรงตามแนวแกนกระทำกับส่วนที่ต้องการทดสอบเป็นเวลา 1 นาที ตามข้อกำหนดดังนี้

ในกรณีที่รูปร่างของส่วนประกอบไม่มีแนวโน้มที่จะทำให้เกิดแรงดึงตามแนวแกนระหว่างการใช้งานปกติ ให้ใช้แรงตามเงื่อนไขดังนี้

- 15 นิวตัน (N) สำหรับอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของส่วนประกอบไฟฟ้า
- 20 นิวตัน (N) สำหรับกรณีอื่น ๆ

ในกรณีที่รูปร่างของส่วนประกอบทำให้มีแนวโน้มที่จะเกิดแรงดึงตามแนวแกน ให้ใช้แรงตามเงื่อนไขดังนี้

- 30 นิวตัน (N) สำหรับอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของส่วนประกอบไฟฟ้า
- 50 นิวตัน (N) สำหรับกรณีอื่น ๆ

7.8.1.1 อุปกรณ์ควบคุมที่สามารถปรับได้

กำหนดให้ตรวจสอบอุปกรณ์หรือส่วนควบคุมที่สามารถปรับตั้งได้โดยผู้ใช้งาน เช่น อุปกรณ์สำหรับเลือกแรงดันของแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ต้องได้รับการออกแบบให้การปรับตั้งจำเป็นต้องใช้เครื่องมือ เพื่อป้องกันกรณีที่การตั้งค่าผิดพลาดหรือการปรับเปลี่ยนโดยไม่ตั้งใจอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้งาน ความเสียหายต่ออุปกรณ์ หรือส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของระบบไฟฟ้าโดยรวม

การผ่านเกณฑ์การทดสอบให้ตรวจสอบข้อมูลจากผู้ผลิต คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ และใช้การทดสอบตามข้อกำหนด 7.4.1.3 ข้อ (12) การทดสอบความผิดพลาดของตัวปรับแรงดัน

7.8.2 การทดสอบความมั่นคงของส่วนที่ถูกจับยึด

กำหนดให้ดำเนินการทดสอบความมั่นคงของสกรู น็อต แหวนรอง สปริง หรือชิ้นส่วนที่คล้ายกัน ต้องถูกยึดให้แน่นเพื่อทนต่อการเกิดความเครียดเชิงกลที่เกิดขึ้นในการใช้งานปกติ ในกรณีที่การคลายตัวหรือหลุดหลวมอาจก่อให้เกิดอันตราย หรือส่งผลให้ระยะห่างปลอดภัย หรือระยะห่างตามผิวฉนวนบนฉนวนเพิ่มเติมหรือฉนวนเสริม ลดลงจนต่ำกว่าค่าที่ระบุในมาตรฐาน มอก. 2603-1 หรือ IEC 62109-1

การผ่านเกณฑ์การทดสอบให้ตรวจสอบโดยการสังเกต การวัดระยะห่างปลอดภัยหรือระยะห่างตามผิวฉนวน และโดยการทดสอบด้วยมือ

7.8.3 การทดสอบข้อกำหนดสำหรับเชื่อมต่อภายนอก

7.8.3.1 ข้อกำหนดทั่วไป

กำหนดให้ดำเนินการตรวจสอบอุปกรณ์ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดทั่วไปสำหรับการเชื่อมต่อภายนอกที่ทำในระหว่างการติดตั้งดังนี้

- วิธีการเชื่อมต่อต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานฉบับนี้สำหรับการป้องกันอันตรายจากเพลิงไหม้ ไฟฟ้าช็อก และพลังงานที่เป็นอันตราย
- การเดินสายไฟสำหรับแรงดันตัดสินชั้น B และ C ต้องแยกออกจากการเดินสายและส่วนที่มีไฟฟ้าโดยไม่มีฉนวนหุ้มในการจำแนกแรงดันตัดสินชั้น A ในกรณีที่เกิดอันตรายจากไฟฟ้าช็อกอันเนื่องมาจากการเสียหายของฉนวน
- สายไฟและสายไฟแบบอ่อนต้องถูกยึดให้แน่นหนาและมีการป้องกันการดึงเพื่อป้องกันการส่งผ่านความเครียดไปยังจุดเชื่อมต่อ
- ข้อกำหนดสำหรับการเดินสายไฟที่เชื่อมต่อถาวรต้องมีความเหมาะสมกับขนาดและประเภทของสายไฟที่จำเป็นต้องใช้ในการติดตั้ง
- ต้องมีวิธีการตัดการเชื่อมต่อสำหรับแต่ละวงจรที่จ่ายไฟในอุปกรณ์หรือระบุไว้ในคำแนะนำการติดตั้ง ยกเว้นว่ามีการจัดเตรียมตัวเชื่อมต่อที่ประเมินว่าเหมาะสมสำหรับการตัดการเชื่อมต่อขณะจ่ายโหลด

- พื้นที่สำหรับการเดินสายไฟจะต้องเพียงพอสำหรับการเชื่อมต่อและการตรวจสอบ รวมถึงมีพื้นที่เพียงพอสำหรับขนาดและประเภทของตัวนำที่จำเป็นในการติดตั้ง โดยไม่มีความเสี่ยงต่อความเสียหายหรือเกิดการลดระยะห่างจากวงจรอื่น ๆ

การปฏิบัติตามข้อกำหนดนี้ตรวจสอบได้โดยการสังเกต

7.8.3.2 การเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลักกระแสสลับ

(1) ข้อกำหนดทั่วไป

การเชื่อมต่ออุปกรณ์กับแหล่งจ่ายไฟหลักต้องเป็นไปตามข้อกำหนดอย่างใดอย่างหนึ่งต่อไปนี้

- มีขั้วต่อหรือตัวนำหรือสายเชื่อมต่อแหล่งจ่ายที่ไม่สามารถถอดออกได้สำหรับการเชื่อมต่อถาวรกับแหล่งจ่ายไฟ หรือ
- มีสายเชื่อมต่อแหล่งจ่ายที่ไม่สามารถถอดออกได้สำหรับการเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าโดยใช้เต้าเสียบ หรือ
- มีช่องเสียบสำหรับการเชื่อมต่อกับสายเชื่อมต่อแหล่งจ่ายที่ถอดออกได้ หรือ
- มีเต้าเสียบหลักที่เป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ที่เสียบตามข้อกำหนดมาตรฐาน มอก. 2603-1

การปฏิบัติตามข้อกำหนดนี้ตรวจสอบโดยการสังเกต

(2) อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อถาวร

อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อถาวรต้องเป็นไปตามข้อกำหนดอย่างใดอย่างหนึ่งต่อไปนี้

- ชุดขั้วต่อเป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ในข้อกำหนดมาตรฐาน มอก. 2603-1 สำหรับการเชื่อมต่อสายสำหรับแหล่งจ่ายไฟ หรือ
- ชุดสายตัวนำเหมาะสมสำหรับการเชื่อมต่อกับสายสำหรับแหล่งจ่ายไฟโดยใช้วิธีมาตรฐาน หรือ
- สายสำหรับแหล่งจ่ายไฟไม่สามารถถอดออกได้สำหรับการเชื่อมต่อถาวรกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า

อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อถาวรที่มีชุดขั้วต่อหรือสายตัวนำจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

- อุปกรณ์สามารถเชื่อมต่อสายสำหรับแหล่งจ่ายไฟฟ้า หลังจากที่อุปกรณ์ได้รับการติดตั้งเข้ากับฐานรองแล้ว และ
- มีช่องทางสำหรับสายเคเบิล ช่องทางสำหรับท่อร้อยสาย ช่องสำหรับเจาะออกหรือปลอกสายไฟที่สามารถเชื่อมต่อกับสายเคเบิลหรือท่อร้อยสายที่มีขนาดและประเภทที่เหมาะสมได้

ช่องทางสำหรับท่อร้อยสายและสายเคเบิลและช่องสำหรับสำหรับการเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟต้องเป็นไปตามเงื่อนไขดังนี้

- ไม่อยู่บนฝาครอบที่จำเป็นต้องถอดออกเพื่อเข้าถึงหรือตรวจสอบการเดินสาย และ
- ถูกออกแบบหรือตั้งอยู่ในลักษณะที่การสอดท่อร้อยสายหรือสายไฟจะไม่ส่งผลต่อการป้องกันไฟฟ้าช็อก หรือทำให้ระยะห่างที่ปลอดภัยและระยะห่างตามผิวฉนวนต่ำกว่าค่าที่ระบุในข้อกำหนดมาตรฐาน มอก. 2603-1 หรือ IEC 62109-1 ข้อ 7.3 ตัวนำที่มีไว้สำหรับการเชื่อมต่อกับสายสำหรับแหล่งจ่ายไฟจะต้องมีขนาดตามมาตรฐาน มอก.2603-1 และจะต้องอยู่ในพื้นที่เดินสายตามข้อกำหนดในมาตรฐาน มอก.2603-1 เช่นเดียวกัน

การปฏิบัติตามข้อกำหนดนี้ตรวจสอบได้โดยการสังเกต การทดสอบการติดตั้งจริง และการวัดระยะห่างที่ปลอดภัยและระยะห่างตามผิวฉนวน

(3) ช่องเสียบไฟฟ้าขาเข้าสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้า

ช่องเสียบเครื่องใช้ไฟฟ้าต้องเป็นไปตามข้อกำหนดทั้งหมดดังต่อไปนี้

- ช่องเสียบต้องอยู่ในตำแหน่งหรือถูกปิดครอบไว้เพื่อไม่ให้เข้าถึงส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายได้ในขณะที่เสียบหรือถอดขั้วต่อ (ช่องเสียบเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เป็นไปตามมาตรฐาน IEC 60309 หรือชุดมาตรฐาน มอก. 60320 เล่ม 1 ถือว่าเป็นไปตามข้อกำหนดนี้)
- ช่องเสียบอยู่ในตำแหน่งที่สามารถเสียบขั้วต่อได้โดยไม่ยาก
- ช่องเสียบอยู่ในตำแหน่งที่หลังจากเสียบขั้วต่อแล้ว อุปกรณ์จะไม่ถูกแบกรับน้ำหนักโดยขั้วต่อสำหรับตำแหน่งการใช้งานปกติใด ๆ บนพื้นผิวเรียบ

การปฏิบัติตามข้อกำหนดนี้ตรวจสอบได้โดยการสังเกต และสำหรับการเข้าถึง ให้ใช้วิธีการทดสอบด้วยนิ้วทดสอบตามที่กำหนดในมาตรฐาน มอก. 2603-1 โดยอ้างอิงจากรูป D.1 ในภาคผนวก D

(4) สายไฟสำหรับเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟ

สายไฟสำหรับการเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดทั้งหมดดังต่อไปนี้

- ในกรณีสายหุ้มด้วยยาง ต้องเป็นยางสังเคราะห์และต้องไม่เป็นเกรดที่เบากว่าสายเคเบิลอ่อนหุ้มยางเกรดปกติ ตามมาตรฐาน มอก. 955 เล่ม 1 (รหัส 60245 IEC 53)
- ในกรณีสายหุ้มด้วย PVC ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้
  - สำหรับอุปกรณ์ที่มีสายไฟที่ไม่สามารถถอดออกได้และมีน้ำหนักไม่เกิน 3 kg ต้องไม่เป็นเกรดที่เบากว่าสายเคเบิลอ่อนหุ้ม PVC เกรดเบา ตามมาตรฐาน มอก. 11 เล่ม 1 (รหัส 60227 IEC 52)

- สำหรับอุปกรณ์ที่มีสายไฟที่ไม่สามารถถอดออกได้และมีน้ำหนักเกิน 3 kg จะต้องไม่เป็นเกรดที่เบากว่าสายเคเบิลอ่อนหุ้ม PVC เกรดปกติ ตามมาตรฐาน มอก. 11 เล่ม 1 (รหัส 60227 IEC 53)
- สำหรับอุปกรณ์ที่มีสายไฟที่สามารถถอดออกได้ จะต้องไม่เป็นเกรดที่เบากว่าสายเคเบิลอ่อนหุ้ม PVC เกรดเบา ตามมาตรฐาน มอก. 11 เล่ม 1 (รหัส 60227 IEC 52)

หมายเหตุ : ไม่มีการจำกัดน้ำหนักของอุปกรณ์กรณีอุปกรณ์นั้นถูกออกแบบมาให้ใช้งานกับสายไฟที่ถอดออกได้ และรวมถึงอุปกรณ์ที่ต้องมีการต่อสายดินป้องกัน จะต้องมีสายดินป้องกันที่หุ้มฉนวนสีเขียวและเหลือง และมีตัวนำที่มีพื้นที่หน้าตัดไม่ต่ำกว่าค่าที่ระบุตามมาตรฐาน มอก.2603-1

การปฏิบัติตามข้อกำหนดนี้ตรวจสอบได้โดยการสังเกต

(5) อุปกรณ์จับยึดสายไฟ

สำหรับอุปกรณ์ที่มีสายไฟที่ไม่สามารถถอดออกได้ต้องมีการยึดสายไฟตามเงื่อนไขดังนี้

- จุดเชื่อมต่อของตัวนำสายไฟได้รับการผ่อนแรง
- เปลือกนอกของสายไฟได้รับการป้องกันจากการขีดข่วน

สายไฟจะต้องไม่สามารถถูกดันกลับเข้าไปในอุปกรณ์จนทำให้สายไฟ ตัวนำหรือทั้งสองอย่าง เกิดความเสียหาย หรือเกิดการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนภายในของอุปกรณ์

สำหรับสายไฟที่ไม่สามารถถอดออกได้ซึ่งมีสายดินเชิงป้องกันเป็นตัวนำไฟฟ้า การออกแบบต้องเป็นไปในลักษณะที่ หากสายไฟหลุดจากจุดยึดและเกิดแรงดึงกับตัวนำไฟฟ้า สายดินเชิงป้องกันต้องเป็นตัวนำสุดท้ายที่รับแรงดึง เพื่อให้การเชื่อมต่อสายดินยังคงอยู่จนกว่าตัวนำอื่นจะขาดหรือหลุดออก

จุดยึดสายไฟต้องทำจากวัสดุที่เป็นฉนวน หรือบุด้วยวัสดุฉนวนที่เป็นไปตามข้อกำหนดของฉนวนเสริม โดยข้อกำหนดนี้จะไม่ใช้บังคับในกรณีที่จุดยึดสายไฟเป็นบุชชิ่งที่รวมการเชื่อมต่อไฟฟ้ากับตัวกั้น (screen) ของสายไฟที่มีตัวกั้น

การปฏิบัติตามข้อกำหนดนี้ตรวจสอบได้โดยการสังเกตและการทดสอบตามข้อกำหนดด้านล่าง ซึ่งดำเนินการกับสายไฟที่จัดมาให้พร้อมกับอุปกรณ์

สายไฟถูกดึงด้วยแรงคงที่ตามค่าที่ระบุในตารางที่ 2 ในทิศทางที่สร้างผลกระทบต่อสายไฟมากที่สุด ให้ทำการทดสอบซ้ำ 25 ครั้ง แต่ละครั้งใช้เวลา 1 s

ในระหว่างการทดสอบ สายไฟจะต้องไม่เสียหาย ซึ่งตรวจสอบโดยการสังเกต และโดยการทดสอบความคงทนทางไฟฟ้าระหว่างตัวนำสายไฟกับส่วนที่นำไฟฟ้าที่เข้าถึงได้ ที่ค่าแรงดันไฟฟ้าทดสอบที่เหมาะสมสำหรับฉนวนเสริม

หลังการทดสอบ สายไฟจะต้องไม่เคลื่อนตัวในแนวยาวเกินกว่า 2 mm และต้องไม่มีร่องรอยการดึงที่เห็นได้ชัดที่ขั้วต่อ และระยะห่างที่ปลอดภัยและระยะห่างตามผิวฉนวนจะต้องไม่ลดลงต่ำกว่าค่าที่ระบุในข้อกำหนดมาตรฐาน มอก. 2603-1 ข้อ 7.3

ตารางที่ 2 การทดสอบทางกายภาพบนสายไฟ

(ข้อ 7.2)

น้ำหนัก (M) ของอุปกรณ์ (kg)	แรงดึง (นิวตัน (N))
$M \leq 1$	30
$1 < M \leq 4$	60
$M > 4$	100

(6) การป้องกันการเสียหายทางกล

สายไฟจะต้องไม่สัมผัสกับจุดที่แหลมคม หรือขอบที่สามารถตัดได้ซึ่งอยู่ภายในหรือบนพื้นผิวของอุปกรณ์ หรือที่ช่องเปิด หรือบุชชิ่ง

ปลอกหุ้มของสายไฟที่ไม่สามารถถอดออกได้จะต้องยื่นเข้าไปในอุปกรณ์ผ่านบุชชิ่งทางเข้าหรือปลอกป้องกันสายไฟ และต้องยื่นออกไปอย่างน้อยครึ่งหนึ่งของเส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟ เกินจากจุดหนีบของจุดยึดสายไฟ

ทางเข้าของบุชชิ่งจะต้องถูกยึดไว้อย่างแน่นหนา และไม่สามารถถอดออกได้โดยไม่ใช้เครื่องมือ

ทางเข้าของบุชชิ่งที่ทำจากโลหะจะต้องไม่ใช้ในตัวครอบที่ไม่ใช่โลหะ

ทางเข้าของบุชชิ่งหรือปลอกป้องกันสายไฟที่ยึดติดกับส่วนที่นำไฟฟ้าที่ไม่ได้มีการต่อสายดินป้องกันจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับฉนวนเสริม

การปฏิบัติตามข้อกำหนดนี้ตรวจสอบได้โดยการสังเกต

7.8.3.3 ขั้วต่อสายไฟสำหรับการเชื่อมต่อสายไฟภายนอก

(1) ขั้วต่อสาย

อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อถาวรและอุปกรณ์ที่มีสายไฟที่ไม่สามารถถอดออกได้ต้องมีขั้วต่อที่เชื่อมต่อโดยใช้สกรู น็อต หรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพเท่าเทียมกัน

การปฏิบัติตามข้อกำหนดนี้ตรวจสอบได้โดยการสังเกต

(2) ขั้วต่อสกรู

สกรูและน็อตที่ยึดตัวนำสายไฟภายนอกต้องมีเกลียวตามมาตรฐาน ISO 261 หรือ ISO 262 หรือเกลียวที่มีระยะห่างและความแข็งแรงทางกลเทียบเท่า (เช่น เกลียวแบบ unified) สกรูและน็อตต้องไม่ใช้เพื่อยึดส่วนประกอบอื่นใด ยกเว้นว่าสามารถใช้เพื่อยึดตัวนำภายในได้กรณีตัวนำภายในถูกจัดเรียงอย่างเหมาะสมเพื่อไม่ให้เกิดการเคลื่อนที่เมื่อเชื่อมต่อกับตัวนำภายนอก

ขั้วต่อของส่วนประกอบ (เช่น สวิตช์) ที่ติดตั้งในอุปกรณ์สามารถใช้เป็นขั้วต่อสำหรับตัวนำไฟฟ้าหลักภายนอกได้ ในกรณีที่เป็นไปตามข้อกำหนดข้างต้น

การปฏิบัติตามข้อกำหนดนี้ตรวจสอบได้โดยการสังเกต

(3) ขนาดของขั้วต่อสาย

ขั้วต่อต้องรองรับตัวนำที่ระบุในคู่มือการติดตั้งและในข้อกำหนดการเดินสายที่ใช้ในสถานที่ติดตั้ง ขั้วต่อต้องผ่านการทดสอบการเพิ่มอุณหภูมิตามหัวข้อ 7.3.3 เมื่อเชื่อมต่อโดยใช้ขนาดสายไฟตามที่ระบุในคู่มือ หรือตามข้อกำหนดขนาดของตัวนำในมาตรฐาน มอก. 2603-1 ข้อ 13.3 ขึ้นอยู่กับขนาดใดที่เล็กกว่า

การปฏิบัติตามข้อกำหนดนี้ตรวจสอบได้โดยการสังเกต การวัดอุณหภูมิตามข้อ 7.3.3 และการทดสอบติดตั้งสายไฟที่เล็กที่สุดและใหญ่ที่สุดที่กำหนด

(4) การออกแบบของขั้วต่อสาย

ขั้วต่อสายไฟต้องถูกออกแบบให้ยึดตัวนำระหว่างพื้นผิวโลหะด้วยแรงกดที่เพียงพอและไม่ทำให้ตัวนำเสียหาย

ขั้วต่อต้องถูกออกแบบหรือติดตั้งในตำแหน่งที่ตัวนำไม่สามารถหลุดออกเมื่อขันสกรูหรือน็อตให้แน่น

ขั้วต่อต้องมีอุปกรณ์ยึดที่เหมาะสมสำหรับตัวนำ (เช่น น็อตและแหวนรอง)

ขั้วต่อต้องถูกยึดไว้อย่างแน่นหนา และเมื่อการยึดตัวนำถูกขันหรือคลายต้องเป็นไปตามเงื่อนไขดังนี้

- ขั้วต่อต้องไม่หลุดออกเอง
- สายไฟภายในจะต้องไม่ถูกทำให้เกิดความเครียด
- ระยะห่างที่ปลอดภัยและระยะห่างตามผิวฉนวนจะต้องไม่ลดลงต่ำกว่าค่าที่ระบุในข้อกำหนดมาตรฐาน มอก. 2603-1 ข้อ 7.3

การปฏิบัติตามข้อกำหนดนี้ตรวจสอบได้โดยการสังเกต และการวัดระยะห่างที่ปลอดภัยและระยะห่างตามผิวฉนวน

(5) การจัดกลุ่มของขั้วต่อสาย

ขั้วต่อที่เกี่ยวข้องกับวงจรขาเข้าหรือขาออกต้องถูกจัดให้อยู่ในตำแหน่งใกล้กัน และในกรณีที่มีสายดินป้องกัน ขั้วต่อสำหรับการเชื่อมต่อกับวงจรจ่ายไฟหลักต้องอยู่ในตำแหน่งใกล้กับสายดินป้องกัน

การปฏิบัติตามข้อกำหนดนี้ตรวจสอบได้โดยการสังเกต

(6) สายตีเกลียว

ขั้วต่อจะต้องได้รับการออกแบบ วางตำแหน่ง ป้องกัน หรือหุ้มฉนวน เพื่อป้องกันไม่ให้สายของตัวนำแบบเกลียวหลุดออกเมื่อมีการติดตั้งตัวนำ โดยต้องไม่มีความเสี่ยงที่สายที่หลุดออกจะสัมผัสกับส่วนอื่น ๆ ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายจากไฟฟ้าช็อก พลังงาน หรือเพลิงไหม้

การปฏิบัติตามข้อกำหนดนี้ตรวจสอบได้โดยการสังเกต และเว้นแต่มีการเตรียมสายพิเศษในลักษณะที่ป้องกันการหลุดของตัวนำที่ตีเกลียว ต้องทำการทดสอบดังนี้

- นำฉนวนยาวประมาณ 8 mm ออกจากปลายสายตัวนำแบบเกลียวที่มีพื้นที่หน้าตัดที่เหมาะสม สายของตัวนำแบบเกลียวหนึ่งเส้นจะถูกปล่อยให้หลุดออก ส่วนสายอื่น ๆ จะถูกสอดเข้าไปและยึดในขั้วต่อโดยสมบูรณ์ โดยไม่ต้องฉีกฉนวนออก สายที่หลุดจะถูกงอไปในทุกทิศทางที่เป็นไปได้ แต่ต้องไม่ทำให้เกิดการงอที่คมจนเป็นอันตรายต่อส่วนใดส่วนหนึ่งของตัวนำ
- ในกรณีที่ตัวนำอยู่ในวงจรที่จัดอยู่ในระดับแรงดันตัดสินชั้น C สายที่หลุดออกต้องไม่สัมผัสกับชิ้นส่วนที่นำไฟฟ้าที่สามารถเข้าถึงได้ หรือชิ้นส่วนที่เชื่อมต่อกับส่วนที่นำไฟฟ้าที่สามารถเข้าถึงได้ หรือในกรณีของอุปกรณ์ที่มีฉนวน 2 ชั้น ชิ้นส่วนที่นำไฟฟ้าต้องถูกแยกออกจากชิ้นส่วนที่สามารถเข้าถึงได้ด้วยฉนวนเสริม

ในกรณีที่ตัวนำเชื่อมต่อกับวงจรที่จัดอยู่ในระดับแรงดันตัดสินชั้น A หรือขั้วต่อสายดิน สายที่หลุดออกจะต้องไม่สัมผัสกับชิ้นส่วนใดๆที่จัดอยู่ในระดับแรงดันตัดสินชั้น B หรือ C

7.8.3.4 พื้นที่เดินสายจ่ายไฟ

พื้นที่เดินสายจ่ายไฟที่จัดไว้ภายในอุปกรณ์ หรือเป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์สำหรับการเชื่อมต่อถาวร หรือสำหรับการเชื่อมต่อสายไฟที่ไม่สามารถถอดออกได้ ต้องได้รับการออกแบบให้มีลักษณะดังนี้

- ตัวนำสามารถถูกสอดเข้าและเชื่อมต่อได้ง่าย
- ปลายตัวนำที่ไม่มีฉนวนหุ้มไม่หลุดออกจากขั้วต่อ หรือในกรณีที่หลุดออกต้องไม่สามารถสัมผัสกับชิ้นส่วนที่นำไฟฟ้าที่เข้าถึงได้ซึ่งไม่ได้ต่อสายดินป้องกัน หรือชิ้นส่วนที่นำไฟฟ้าที่เข้าถึงได้ของอุปกรณ์
- ก่อนการติดตั้งฝาครอบ ต้องตรวจสอบว่าตัวนำถูกเชื่อมต่อและวางตำแหน่งอย่างถูกต้อง
- สามารถติดตั้งฝาครอบได้โดยไม่มีความเสี่ยงที่จะทำให้สายไฟหรือฉนวนของสายไฟเสียหาย
- ฝาครอบที่ให้การเข้าถึงขั้วต่อสามารถถอดออกได้ด้วยเครื่องมือทั่วไป

การปฏิบัติตามข้อกำหนดนี้ตรวจสอบได้โดยการสังเกต และโดยการทดสอบการติดตั้งด้วยสายไฟหรือสายเคเบิลที่มีพื้นที่หน้าตัดใหญ่ที่สุดที่ต้องการ

7.8.3.5 พื้นที่การดัดสายไฟสำหรับสายไฟขนาด 10 mm^2 และใหญ่กว่า

ระยะระหว่างขั้วต่อสำหรับการเชื่อมต่อกับสายไฟภายนอกและสิ่งกีดขวางเส้นทางเดินสายไฟหลังจากออกจากขั้วต่อต้องไม่น้อยกว่าค่าที่ระบุในภาคผนวก ญ ซึ่งอ้างอิงตามข้อกำหนดในมาตรฐาน มอก. 2603-1

7.8.3.6 การปลดวงจรจากแหล่งจ่ายไฟ

ต้องมีอุปกรณ์ตัดการเชื่อมต่อเพื่อแยกอุปกรณ์ออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแต่ละแหล่งที่มีแรงดันไฟฟ้าในระดับที่เป็นอันตราย หรือเกินกว่าค่าที่กำหนดสำหรับพลังงานที่เป็นอันตราย

ในกรณีที่อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ามีขั้วต่อที่สามารถตัดการเชื่อมต่อขณะมีโหลดได้ และขั้วต่อดังกล่าวสามารถเข้าถึงได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือเพื่อให้สามารถตัดการเชื่อมต่อในกรณีฉุกเฉิน ไม่มีข้อกำหนดให้ต้องมีอุปกรณ์ตัดการเชื่อมต่อเพิ่มเติม

ในกรณีที่ขั้วต่อสามารถถอดออกได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือ ขั้วต่อที่ถูกถอดออกหรือเปิดแต่ละขั้วต้องเป็นไปตามข้อกำหนดในหัวข้อ 7.4.3 เพื่อป้องกันการเข้าถึงส่วนที่เป็นอันตรายระหว่างหรือหลังการตัดการเชื่อมต่อ

การปฏิบัติตามข้อกำหนดนี้ตรวจสอบได้โดยการตรวจสอบอุปกรณ์และคำแนะนำการติดตั้ง

7.8.4 การทดสอบการต่อสายภายในและการเชื่อมต่อ

7.8.4.1 ข้อกำหนดทั่วไป

กำหนดให้ดำเนินการทดสอบการเดินสายไฟและการเชื่อมต่อระหว่างชิ้นส่วนต่าง ๆ ของอุปกรณ์ รวมถึงภายในแต่ละชิ้นส่วน ต้องได้รับการป้องกันจากความเสียหายทางกลระหว่างการติดตั้ง การหุ้มฉนวน ตัวนำไฟฟ้า และการจัดวางสายทั้งหมดของอุปกรณ์จะต้องเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมทางไฟฟ้า ทางกล ทางความร้อน และทางสิ่งแวดล้อมที่ใช้ในขณะทำงาน ตัวนำไฟฟ้าที่สามารถสัมผัสกันเองหรือตัวนำไฟฟ้าเปลือย จะต้องถูกหุ้มด้วยฉนวนที่มีพิกัดใช้งานสำหรับแรงดันทำงานสูงสุดที่เป็นไปได้

7.8.4.2 การจัดวางสาย

ให้ตรวจสอบช่องหรือรูที่สายไฟหุ้มฉนวนผ่านผนังตัวนำไฟฟ้าภายในตัวครอบของอุปกรณ์ ต้องมีบุชชิ่งที่เรียบมนไม่มีคม หรือยางรอง หรือต้องมีพื้นผิวเรียบและมนที่ลดความเสี่ยงในการขีดข่วนของฉนวน

สายไฟจะต้องเดินในเส้นทางที่พ้นห่างจากขอบคม สกรูเกลียว เสี้ยน ครีบ ชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว ลิ้นชัก และชิ้นส่วนอื่น ๆ ที่อาจทำให้ฉนวนสายไฟเกิดการเสียดสี รวมถึงต้องไม่ดัดงอสายน้อยกว่าค่ารัศมีการดัดงอที่น้อยที่สุดของสายที่ระบุโดยผู้ผลิต

แคลมป์และราง ที่ใช้ในการจัดวางสายไฟภายใน ไม่ว่าจะเป็นโลหะหรือวัสดุอื่น จะต้องมีขอบที่เรียบและโค้งมน การหนีบหรือพื้นผิวสัมผัสรองรับต้องไม่ทำให้เกิดการขูด และต้องไม่เกิดการเคลื่อนของชั้นฉนวน ในกรณีที่ใช้แคลมป์โลหะสำหรับตัวนำที่มีฉนวนเทอร์โมพลาสติกที่มีความหนาน้อยกว่า 0.8 mm และให้มีการป้องกันทางกลสำหรับส่วนที่ไม่นำไฟฟ้า

7.8.4.3 รหัสสี

ตัวนำไฟฟ้าที่หุ้มฉนวน นอกเหนือจากที่เป็นส่วนหนึ่งของสายริบบอนหรือสายสัญญาณแบบหลายเส้น ซึ่งมีการระบุสีเป็นสีเขียว ไม่ว่าจะมีแถบสีเหลืองหนึ่งหรือหลายแถบหรือไม่ก็ตาม จะต้องไม่ถูกใช้ในวัตถุประสงค์อื่นใดนอกจากการเชื่อมต่อเพื่อป้องกัน

7.8.4.4 รอยต่อและการเชื่อมต่อ

รอยต่อและการเชื่อมต่อทั้งหมดต้องมีความมั่นคงทางกล และมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้า

การเชื่อมต่อทางไฟฟ้าต้องมีการเชื่อมด้วยการบัดกรี การเชื่อมด้วยความร้อน การเชื่อมต่อแบบจีบ หรือวิธีการเชื่อมต่อที่มั่นคงอื่น ๆ จุดเชื่อมต่อที่ถูกบัดกรีที่ไม่ใช่ส่วนประกอบบนแผงต้องมีการยึดทางกลเพิ่มเติม

เมื่อเดินสายตัวนำที่ตีเกลียวภายในเชื่อมต่อกับสกรูผูกสาย โครงสร้างต้องถูกออกแบบให้ไม่มีสายตีเกลียวที่หลุดหลวมไปสัมผัสกับส่วนที่มีไฟฟ้าที่ไม่ได้มีฉนวนที่อาจมีศักย์ไฟฟ้าไม่เท่ากับสาย หรือส่วนที่เป็นโลหะที่ไม่มีไฟฟ้า

เมื่อใช้การเชื่อมต่อที่ขั้วสกรู การเชื่อมต่อนั้นอาจต้องมีการบำรุงรักษาเป็นประจำ (การขันให้แน่น) ต้องมีการอ้างอิงที่เหมาะสมในคู่มือการบำรุงรักษา

ปลายของสายตัวนำตีเกลียวต้องไม่ถูกหลอมรวมด้วยการบัดกรีแบบอ่อนในจุดที่ตัวนำไฟฟ้าได้รับแรงกด ยกเว้นว่ามีวิธีการจับยึดสายที่ออกแบบให้ลดโอกาสของหน้าสัมผัสที่ไม่ดีเนื่องจากการเคลื่อนของโลหะบัดกรี ขั้วสปริงที่ชดเชยการเคลื่อนของโลหะบัดกรี ถือว่าเป็นไปตามข้อกำหนดนี้ได้ แต่การป้องกันการหมุนของสกรูที่ใช้จับยึดยังถือว่าไม่เพียงพอ

7.8.4.5 การเชื่อมต่อระหว่างส่วนประกอบของอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้า

วิธีการที่ใช้สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่าง ๆ ของอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าจะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

ชุดสายเคเบิลและสายไฟแบบอ่อนที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างส่วนของอุปกรณ์หรือระหว่างหน่วยของระบบ จะต้องเหมาะสมกับการบำรุงรักษาหรือการใช้งานที่เกี่ยวข้อง สายเคเบิลจะต้องได้รับการป้องกันจากความเสียหายทางกายภาพเมื่อนำออกจากตัวครอบ

การเชื่อมต่อที่ไม่ตรงกันระหว่างอุปกรณ์เชื่อมต่อตัวผู้และตัวเมีย การเสียบตัวเชื่อมต่อหลายพินในตัวเชื่อมต่อที่ไม่เข้าคู่กัน การเชื่อมต่อกลับขั้ว และการจัดการอื่น ๆ ของชิ้นส่วนที่สามารถเข้าถึงได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือ จะต้องไม่ก่อให้เกิดความเสียหายทางกลหรือความเสี่ยงของอันตรายจากความร้อน ไฟฟ้าช็อก หรือการบาดเจ็บต่อบุคคล

การปฏิบัติตามข้อกำหนดนี้ตรวจสอบได้โดยการสังเกต

7.8.5 การทดสอบช่องเปิดในตัวครอบ

กำหนดให้ดำเนินการทดสอบช่องเปิดในตัวครอบในตำแหน่งต่าง ๆ ของอุปกรณ์ และในกรณีที่อุปกรณ์ที่ออกแบบมาให้ใช้งานได้มากกว่าหนึ่งทิศทาง ให้อ้างอิงข้อกำหนดเดียวกันกับการใช้งานในทุกทิศทาง

7.8.5.1 ช่องเปิดด้านบนและด้านข้าง

ช่องเปิดด้านบนและด้านข้างของตัวครอบจะต้องถูกวางตำแหน่งหรือติดตั้งในลักษณะที่เป็นไปได้ยากที่วัตถุจะเข้าไปในช่องเปิดและก่อให้เกิดอันตรายจากการสัมผัสกับส่วนที่เป็นตัวนำไฟฟ้าเปลือย

ช่องเปิดด้านหลังประตู แผง ฝาครอบ ฯลฯ ซึ่งสามารถเปิดหรือถอดออกโดยผู้ใช้งานเมื่อประตู แผง หรือฝาครอบถูกปิดหรืออยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องแล้ว ไม่ต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดข้างต้น

การปฏิบัติตามข้อกำหนดนี้ตรวจสอบได้โดยการสังเกตและการวัดขนาดทางกายภาพตามที่ระบุไว้ด้านล่าง

ยกเว้นสำหรับส่วนด้านข้างของตัวครอบป้องกันไฟที่อยู่ภายใต้ข้อกำหนดของ 7.4.3.3 หัวข้อย่อย (1.4) ถือว่าปฏิบัติตามข้อกำหนด เมื่อช่องเปิดที่มีลักษณะตามข้อกำหนดข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้

- ช่องเปิดที่มีขนาดไม่เกิน 5 mm ในทุกมิติ
- ช่องเปิดที่มีความกว้างไม่เกิน 1 mm โดยไม่คำนึงถึงความยาว
- ช่องเปิดด้านบนที่ป้องกันการเข้าถึงจากแนวดิ่ง
- ช่องเปิดด้านข้างที่มีบานเกล็ดที่ออกแบบให้หักเหวัตถุที่ตกลงมาในแนวดิ่งออกไปด้านนอก
- ช่องเปิดด้านบนหรือด้านข้าง ที่ไม่ได้ตั้งอยู่ในแนวดิ่งที่จำกัดโดยการฉายภาพแนวดิ่ง 5° ไปจนถึงขนาดของช่องเปิดเหนือส่วนที่เป็นตัวนำไฟฟ้าแบบเปลือย

7.8.6 การทดสอบส่วนที่ทำจากวัสดุพอลิเมอร์

7.8.6.1 ข้อกำหนดทั่วไป

วัสดุพอลิเมอร์ต้องเป็นไปตามข้อ 7.4.3.3 หัวข้อย่อย (1.3) เกี่ยวกับการเลือกวัสดุสำหรับตัวครอบกันไฟและการป้องกันอันตรายจากเพลิงไหม้ โดยต้องเป็นไปตามข้อกำหนดด้านดัชนีความร้อน

วัสดุพอลิเมอร์ทั้งหมดที่เป็นไปตามข้อกำหนดตามมาตรฐานฉบับนี้ต้องมีดัชนีความร้อนหรือความสามารถทางความร้อน (ทั้งทางไฟฟ้าและทางกล) ที่อย่างน้อยต้องสูงเท่ากับอุณหภูมิการทำงานสูงสุดที่วัดได้ของวัสดุในการใช้งาน โดยวัดในระหว่างการทดสอบอุณหภูมิในข้อ 7.3.3

ดัชนีความร้อนหรือความสามารถทางความร้อนจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้ ดัชนีความร้อน (TI) ดัชนีความร้อนสัมพัทธ์ (RTI) ดัชนีความทนทานความร้อนสัมพัทธ์ (RTE) หรือความสามารถความร้อนสัมพัทธ์ (RTC) ตามมาตรฐานข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้ IEC 60216-1, IEC 60216-2, IEC 60216-3, IEC 60216-5, IEC 60216-6, ANSI UL 746B หรือ ANSI UL 746C

7.8.6.2 พอลิเมอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวครอบหรือตัวกั้นเพื่อป้องกันการเข้าถึงอันตราย

วัสดุพอลิเมอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวครอบหรือตัวกั้นเพื่อป้องกันการเข้าถึงอันตรายจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

(1) การทดสอบการคลายความเครียด (stress-relief test)

ตัวครอบที่ทำจากวัสดุเทอร์โมพลาสติกที่ขึ้นรูปหรือหล่อจะต้องถูกสร้างขึ้นในลักษณะที่การหดตัวหรือการบิดเบี้ยวของวัสดุเนื่องจากการปลดปล่อยความเครียดภายในจากกระบวนการขึ้นรูปหรือหล่อจะไม่ส่งผลให้เกิดการเปิดเผยส่วนที่เป็นอันตราย หรือทำให้ระยะห่างตามผิวฉนวนและระยะห่างปลอดภัยลดลงต่ำกว่าค่าขั้นต่ำที่กำหนดตามมาตรฐาน

การปฏิบัติตามข้อกำหนดนี้จะถูกตรวจสอบโดยขั้นตอนการทดสอบที่อธิบายด้านล่าง ใช้ตัวอย่างอุปกรณ์หนึ่งชุดที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ทั้งหมด หรือประกอบด้วยตัวครอบทั้งหมดพร้อมโครงรองรับ

นำเข้าไปวางในเตาอบที่มีอากาศหมุนเวียน ตามมาตรฐาน IEC 60216-4-1 ที่อุณหภูมิสูงสุดที่สังเกตได้จากการทดสอบในข้อ 7.3.3 บวกเพิ่มอีก 10 องศาเซลเซียส (°C) แต่ต้องไม่ต่ำกว่า 70 องศาเซลเซียส (°C) เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 7 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง

สำหรับอุปกรณ์ขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถทดสอบตัวครอบทั้งหมดได้ สามารถใช้ชิ้นส่วนของตัวครอบที่เป็นตัวแทนของการประกอบทั้งหมดในแง่ของความหนาและรูปทรง รวมถึงชิ้นส่วนรองรับทางกลด้วย

หมายเหตุ : ในระหว่างการทดสอบไม่มีข้อกำหนดให้ต้องรักษาความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในค่าที่กำหนด

การปฏิบัติตามข้อกำหนดนี้ตรวจสอบได้โดยการสังเกตว่าไม่มีการเปิดเผยส่วนที่เป็นอันตรายหรือการลดระยะห่างตามผิวฉนวนและระยะห่างปลอดภัยต่ำกว่าค่าขั้นต่ำที่กำหนดตามมาตรฐาน มอก. 2603-1

7.8.6.3 พอลิเมอร์ที่ทำหน้าที่เป็นฉนวนแข็ง

สำหรับวัสดุพอลิเมอร์ที่ทำหน้าที่เป็นฉนวนแข็งจะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดมาตรฐาน มอก. 2603-1 หัวข้อ 7.3 และข้อกำหนดต่อไปนี้

(1) ความต้านทานต่อการอาร์ก

วัสดุพอลิเมอร์ที่อยู่ภายในตัวครอบกันไฟและอยู่ห่างจากส่วนที่ไม่ถูกครอบซึ่งสามารถเกิดการอาร์กในสภาวะปกติ เช่น หน้าสัมผัสสวิตช์ ในระยะน้อยกว่า 13 mm ต้องมีค่าการจุดไฟของอาร์กกระแสสูง (HAI) เป็นไปตามมาตรฐาน ANSI UL 746C

ค่าการจุดไฟของอาร์กกระแสสูง (HAI) จะต้องมีค่าเป็น 15 หรือดีกว่าสำหรับวัสดุที่มีค่าความไวไฟระดับชั้น V-0 หรือดีกว่า และค่าการจุดไฟของอาร์กกระแสสูง (HAI) จะต้องมีค่าเป็น 30 หรือดีกว่าสำหรับวัสดุที่มีค่าความไวไฟในระดับชั้น V-1 หรือดีกว่า

7.8.6.4 ความต้านทานต่อรังสียูวี

ส่วนประกอบพอลิเมอร์ของตัวครอบภายนอกที่เป็นไปตามข้อกำหนดตามมาตรฐานฉบับนี้จะต้องทนต่อการเสื่อมสภาพจากรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) ได้

การปฏิบัติตามข้อกำหนดนี้ตรวจสอบได้โดยการตรวจสอบโครงสร้างและข้อมูลที่มีอยู่เกี่ยวกับคุณลักษณะการทนทานต่อรังสียูวีของวัสดุตัวครอบและการเคลือบป้องกันที่เกี่ยวข้อง ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลดังกล่าว จะต้องดำเนินการทดสอบต่อไปนี้

ตัวอย่างที่นำมาจากส่วนประกอบ หรือประกอบด้วยวัสดุที่เหมือนกัน จะต้องถูกเตรียมตามมาตรฐานสำหรับการทดสอบที่ต้องดำเนินการ จากนั้นจะถูกทดสอบภายใต้รังสียูวี ตามมาตรฐาน มอก. 2603-1 ในภาคผนวก J

หลังจากการทดสอบภายใต้รังสียูวี ตัวอย่างจะต้องไม่มีสัญญาณของการเสื่อมสภาพที่สำคัญ เช่น การแตกหรือการแตกร้าว จากนั้นตัวอย่างจะถูกเก็บในสภาพแวดล้อมห้องที่อุณหภูมิปกติเป็นเวลา

ไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 96 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะถูกทดสอบตามมาตรฐานสำหรับการทดสอบที่เกี่ยวข้องเพื่อประเมินค่าร้อยละของการคงสภาพของคุณสมบัติหลังการทดสอบ ตัวอย่างที่ไม่ได้ผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 2603-1 ในภาคผนวก J จะถูกทดสอบในเวลาเดียวกับตัวอย่างที่ได้รับการทดสอบภายใต้รังสียูวี ค่าการคงอยู่จะต้องเป็นไปตามที่ระบุในมาตรฐาน มอก.2603-1

7.8.7 การทดสอบความต้านทานทางกล

7.8.7.1 ข้อกำหนดทั่วไป

ดำเนินการทดสอบการโก่งตัว และการกระแทก ที่มีแนวโน้มจะเกิดขึ้นในการใช้งานปกติ โดยหลังการทดสอบต้องไม่ก่อให้เกิดอันตรายหรือทำให้การป้องกันในอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าลดลง อุปกรณ์ต้องมีความแข็งแรงทางกลที่เพียงพอ ส่วนประกอบต้องถูกยึดไว้อย่างมั่นคง และการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าต้องมั่นคง

การปฏิบัติตามข้อกำหนดนี้ตรวจสอบได้โดยการทดสอบดังต่อไปนี้ ตามความเหมาะสม

- การทดสอบการโก่งตัว 250 นิวตัน (N) ตามข้อ 7.8.7.2 – ใช้กับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าที่มีตัวครอบโลหะ
- การทดสอบการกระแทก 7 จูล (J) ตามข้อ 7.8.7.3 – ใช้กับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าที่มีตัวครอบพอลิเมอร์

สำหรับการทดสอบการกระแทกบนชิ้นส่วนที่ทำจากพอลิเมอร์ การทดสอบจะต้องดำเนินการหลังจากที่ชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าทั้งชุดถูกนำไปอยู่ที่อุณหภูมิต่ำสุดที่อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าได้รับการรับรองให้ใช้งาน โดยที่อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าหรือชิ้นส่วนนั้นจะไม่ถูกจ่ายพลังงานระหว่างการปรับสภาพอุณหภูมิ และการทดสอบการกระแทกต้องดำเนินการทันทีหลังจากนำออกจากห้องควบคุมอุณหภูมิ

เมื่อสิ้นสุดการทดสอบที่เกี่ยวข้อง อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าต้องผ่านการทดสอบแรงดันตาม 7.4.3.1 ข้อ (2) และต้องได้รับการตรวจสอบตามเงื่อนไขดังนี้

- ส่วนที่มีไฟฟ้าต้องไม่สามารถเข้าถึงได้
- ตัวครอบต้องไม่มีรอยแตกหรือช่องเปิดที่อาจก่อให้เกิดอันตราย
- ระยะห่างทางไฟฟ้าต้องไม่น้อยกว่าค่าขั้นต่ำที่กำหนด และฉนวนอื่น ๆ ต้องไม่มีความเสียหาย และต้องได้รับการตรวจสอบโดยใช้การทดสอบแรงดันอิมพัลส์ตามข้อ 7.4.3.1 หัวข้อย่อย (1) เว้นแต่จะสามารถตรวจสอบและยืนยันได้ว่าระยะห่างไม่ได้ลดลง
- แผงกั้นต้องไม่เสียหายหรือหลวม
- ส่วนที่เคลื่อนไหวซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต้องไม่ถูกเปิดเผย

อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าไม่มีข้อกำหนดให้ต้องสามารถทำงานได้หลังการทดสอบและตัวครอบอาจมีการเปลี่ยนรูปจนไม่อยู่ในรูปแบบเดิม

7.8.7.2 การทดสอบการโก่งตัวด้วยแรง 250 นิวตัน (N) สำหรับตัวครอบโลหะ

ตัวครอบต้องถูกยึดไว้อย่างแน่นหนากับโครงรองรับที่แข็งแรงและต้องทนต่อแรงคงที่ขนาด 250 นิวตัน (N) เป็นเวลา 5 s โดยแรงนั้นจะถูกส่งผ่านปลายแท่งเหล็กที่มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 12.7 mm x 12.7 mm

7.8.7.3 การทดสอบการกระแทกด้วยพลังงาน 7 จูล (J) สำหรับตัวครอบพอลิเมอร์

กำหนดให้ทดสอบพื้นผิวในแนวนอน โดยนำตัวอย่างที่ประกอบด้วยตัวครอบหรือส่วนหนึ่งของตัวครอบที่มีพื้นที่ที่ใหญ่ที่สุดซึ่งไม่มีการเสริมแรง มาจัดวางไว้อย่างมั่นคงในตำแหน่งปกติ ลูกเหล็กกลมที่มีผิวเรียบขนาดประมาณ 50 mm และมีมวล 500 ± 25 กรัม (g) จะถูกปล่อยให้ตกลงมาตามแนวตั้งจากความสูง 1,300 mm ลงบนตัวอย่าง พื้นผิวแนวตั้งจะได้รับการยกเว้นจากการทดสอบนี้

กำหนดให้ทดสอบพื้นผิวในแนวตั้ง โดยนำตัวอย่างที่จะทดสอบมาจัดวางไว้อย่างมั่นคงในตำแหน่งปกติ ใช้ลูกเหล็กแขวนด้วยเชือกและแกว่งเป็นลูกตุ้มเพื่อให้เกิดการกระแทกในแนวนอน โดยลูกเหล็กจะตกจากความสูงแนวดิ่ง 1,300 mm

ในกรณีที่ไม่สามารถทดสอบแบบลูกตุ้มได้ สามารถจำลองการกระแทกในแนวนอนบนพื้นผิวแนวตั้งหรือแนวเอียงได้โดยการติดตั้งตัวอย่างที่มุม 90° จากตำแหน่งปกติและทำการทดสอบการกระแทกในแนวตั้งแทนการทดสอบแบบลูกตุ้ม

7.8.8 การทดสอบความหนาสำหรับตัวครอบโลหะ

7.8.8.1 โลหะหล่อ

สำหรับโลหะหล่อแบบฉีด ยกเว้นที่รูเกลียวสำหรับท่อร้อยสายไฟซึ่งต้องมีความหนาขั้นต่ำ 6.4 mm ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

- โลหะต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 2.0 mm สำหรับพื้นที่ใหญ่กว่า 155 cm^2 หรือมีขนาดในมิติใด ๆ ใหญ่กว่า 150 mm
- โลหะต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 1.2 mm สำหรับพื้นที่ 155 cm^2 หรือน้อยกว่าและไม่มีขนาดในมิติใด ๆ ใหญ่กว่า 150 mm

สำหรับโลหะอ่อนหรืออลูมิเนียมหล่อแบบแม่พิมพ์ถาวร ทองสัมฤทธ์ ทองแดง หรือสังกะสีต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

- โลหะมีความหนาอย่างน้อย 2.4 mm สำหรับพื้นที่ใหญ่กว่า 155 cm^2 หรือมีขนาดในมิติใด ๆ มากกว่า 150 mm
- โลหะมีความหนาอย่างน้อย 1.5 mm สำหรับพื้นที่ 155 cm^2 หรือน้อยกว่าและไม่มีขนาดในมิติใด ๆ มากกว่า 150 mm
- โลหะมีความหนาอย่างน้อย 6.4 mm ที่รูเกลียวสำหรับท่อร้อยสายไฟ

ตัวครอบโลหะหล่อแบบทรายจะต้องมีความหนาขั้นต่ำ 3.0 mm ยกเว้นที่รูเกลียวสำหรับท่อร้อยสายไฟซึ่งต้องมีความหนาขั้นต่ำ 6.4 mm

7.8.8.2 แผ่นโลหะ

ตัวครอบแผ่นโลหะ ณ จุดที่เชื่อมต่อกับระบบการเดินสายไฟ ต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 0.8 mm สำหรับเหล็กที่ไม่เคลือบ 0.9 mm สำหรับเหล็กเคลือบสังกะสี และ 1.2 mm สำหรับโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก

ความหนาของตัวครอบที่จุดอื่น ๆ นอกจากจุดที่จะเชื่อมต่อกับระบบการเดินสายไฟต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุในมาตรฐาน มอก. 2603-1 ข้อ 13.8

โครงสร้างที่มีความแข็งแรงเทียบเท่ากับโครงที่สร้างจากโลหะรูปฉากหรือโลหะรูปช่องจะมีการเสริมความแข็งแรงในลักษณะเดียวกัน โครงสร้างที่ไม่มีโครงรอบรับต้องมีลักษณะดังนี้

- แผ่นเดี่ยวที่มีขอบหรือมุมพับขึ้น
- แผ่นเดี่ยวที่มีลักษณะเป็นลูกฟูกหรือมีซี่
- พื้นผิวตัวครอบที่ยึดติดกับโครงอย่างหลวม ๆ เช่น โดยใช้คลิปสปริง
- พื้นผิวตัวครอบที่มีขอบซึ่งไม่ได้รับการติดตั้งกับโครงหรือส่วนเสริมความแข็งแรงใด ๆ

การตรวจสอบว่าตัวครอบโลหะเป็นไปตามข้อกำหนดในข้อ 7.8.6.2 และ 7.8.6.3 หรือไม่ จะต้องทำโดยการตรวจสอบและวัดขนาดทางกายภาพของตัวครอบโลหะ

8. การตรวจผลการวัดคุณสมบัติ

การตรวจวัดคุณสมบัติของสถานีชาร์จ ให้ตรวจวัดว่ามีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อกำหนดและ/หรือผ่านเกณฑ์การทดสอบในหัวข้อที่ 7 ครบถ้วนหรือไม่ โดยระบุผลการตรวจวัดตามหัวข้อการทดสอบที่ระบุไว้ในตารางที่ 1

9. การคำนวณผลการตรวจวัด

การคำนวณผลการตรวจวัดเพื่อประเมินผลการทดสอบ ให้ปฏิบัติตามข้อกำหนดการทดสอบที่เกี่ยวข้องในแต่ละหัวข้อของหัวข้อการทดสอบนั้น ๆ ตามที่ระบุในหัวข้อที่ 7

10. การจัดทำรายงานผล และสรุปผล

รายงานการทดสอบให้เป็นไปตามรูปแบบของห้องปฏิบัติการทดสอบ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- รายละเอียดตัวอย่างที่ทำการทดสอบ
- สถานที่และเวลาที่ทำการทดสอบ
- ผู้ทดสอบ (ระบุข้อมูลรายละเอียด เช่น ชื่อผู้ทดสอบ ตำแหน่ง)
- เครื่องมือที่ใช้ทดสอบและเอกสารยืนยันการสอบเทียบ
- ข้อกำหนดการทดสอบ
- ขั้นตอนการติดตั้งและทดสอบ

- ผลการทดสอบและข้อแนะนำ
- ภาพถ่ายการทดสอบ

10.1 การรายงานค่าที่ได้จากการทดสอบ

การรายงานค่าการตรวจวัดคุณสมบัติของสถานีชาร์จ ให้ทำการรายงานจากผลการทดสอบให้ครบถ้วนตามหัวข้อการทดสอบที่ระบุในตารางที่ 1 โดยระบุผลการทดสอบ ผ่าน (pass) หรือ ไม่ผ่าน (fail) ในทุกหัวข้อการทดสอบที่ได้ดำเนินการทดสอบตามข้อกำหนดการทดสอบในหัวข้อที่ 7 ตัวอย่างการรายงานผลสรุปการทดสอบแสดงในตารางที่ 3

10.2 การสรุปผล

การสรุปผลจากการตรวจวัดคุณสมบัติของสถานีชาร์จ ให้ทำการสรุปผลจากผลการทดสอบตามหัวข้อการทดสอบที่ระบุในตารางที่ 1

10.3 เกณฑ์การยอมรับ

เกณฑ์การยอมรับสำหรับผลการตรวจวัดคุณสมบัติของสถานีชาร์จในหัวข้อต่าง ๆ ให้ใช้ตามเกณฑ์การยอมรับของแต่ละหัวข้อการทดสอบที่ระบุในหัวข้อที่ 7

ตารางที่ 3 ตัวอย่างการรายงานผลสรุปการทดสอบ

(ข้อ 10.1)

เลขที่ (No.)	รายการทดสอบ (test item)	หัวข้อการทดสอบตาม สทร. EC-6002	เกณฑ์การยอมรับ (criteria)	ค่า (value)	ผลการทดสอบ (ผ่าน/ไม่ผ่าน)
1	**การทดสอบความปลอดภัย (safety test)**				
1.1	การทดสอบตามข้อกำหนดทั่วไป (general requirements test)				
	a) การทดสอบภายใต้สภาวะความผิดพร่องเดี่ยว (single fault condition test)	7.4.1	เป็นไปตาม มอก. 2603-1 ข้อ 4.4		
	b) การทดสอบการป้องกันแรงดันป้อนกลับ (backfeed voltage protection)	7.4.2	ไม่พบแรงดันหรือพลังงานที่เป็นอันตราย ตามเกณฑ์ มอก. 2603-1		
1.2	การทดสอบตามข้อกำหนดการป้องกันอันตราย (protection requirement test)				

เลขที่ (No.)	รายการทดสอบ (test item)	หัวข้อการทดสอบตาม สทร. EC-6002	เกณฑ์การยอมรับ (criteria)	ค่า (value)	ผลการทดสอบ (ผ่าน/ไม่ผ่าน)
	c) การทดสอบการป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าช็อกและพลังงานไฟฟ้า (protection against electric shock and energy hazards test)	7.4.3.1	เป็นไปตาม มอก. 2603-1		
	d) การทดสอบการป้องกันอันตรายทางกล (protection against mechanical hazards)	7.4.3.2	จากการสังเกตต้องไม่พบอันตรายทางกล		
	e) การทดสอบการป้องกันอันตรายเนื่องจากเพลิงไหม้ (protection against fire hazards)	7.4.3.3	จากการสังเกตต้องไม่พบอันตรายจากเพลิงไหม้ และเป็นไปตาม มอก. 2603-1		
	f) การทดสอบการป้องกันอันตรายเนื่องจากความดันเสียง (protection against sonic pressure hazards)	7.4.3.4	ระดับความดันเสียงไม่เกินค่าที่กำหนด		
	g) การทดสอบการป้องกันอันตรายเนื่องจากของเหลว (protection against liquid hazards)	7.4.3.5	จากการสังเกตต้องไม่พบการรั่วไหล และเป็นไปตาม มอก. 2603-1		
	h) การทดสอบการป้องกันอันตรายเนื่องจากสารเคมี (protection against chemical hazards)	7.4.3.6	จากการสังเกตต้องไม่พบการรั่วไหล และเป็นไปตาม มอก. 2603-1		
2	**การทดสอบประสิทธิภาพ (efficiency test)**				
2.1	การทดสอบพิกัดทางไฟฟ้า (electrical rating test)	7.5.1	ไม่มีพบการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน และอุณหภูมิเกิน		

เลขที่ (No.)	รายการทดสอบ (test item)	หัวข้อการทดสอบตาม สทร. EC-6002	เกณฑ์การยอมรับ (criteria)	ค่า (value)	ผลการทดสอบ (ผ่าน/ไม่ผ่าน)
2.2	การทดสอบทางความร้อน (thermal test)	7.5.2	ไม่มีพบการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกิน		
3	**การทดสอบการทำงานร่วมกัน (EMC test)**				
3.1	การทดสอบภูมิคุ้มกัน (immunity test)				
	a) การทดสอบภูมิคุ้มกันการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตย์ (electrostatic discharge)	7.6.1.1	เป็นไปตาม มอก. 62920		
	b) การทดสอบภูมิคุ้มกันสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่วิทยุที่แผ่ออก (radiated disturbances)	7.6.1.2	เป็นไปตาม มอก. 62920		
	c) การทดสอบภูมิคุ้มกันภาวะชั่วครู่อย่างเร็วทางไฟฟ้า (electrical fast transient/burst)	7.6.1.3	เป็นไปตาม มอก. 62920		
	d) การทดสอบภูมิคุ้มกันจากการเกิดแรงดันกระชาก (surge)	7.6.1.4	เป็นไปตาม มอก. 62920		
	e) การทดสอบภูมิคุ้มกันต่อสัญญาณรบกวนที่นำตามสายซึ่งเหนี่ยวนำโดยสนามความถี่วิทยุ (conducted disturbances, induced by radio-frequency fields)	7.6.1.5	เป็นไปตาม มอก. 62920		
	f) การทดสอบภูมิคุ้มกันเมื่อแรงดันไฟฟ้าดิ่งลงและขาดหายไปเป็นระยะเวลาสั้น ๆ (voltage dips and interruption)	7.6.1.6	เป็นไปตาม มอก. 62920		
3.2	การทดสอบการปล่อยคลื่น (emission test)				
	a) การทดสอบฮาร์มอนิกส์ (harmonics test)	7.6.2.1 (1)	เป็นไปตาม มอก. 62920		
	b) การทดสอบความผันผวนของแรงดันไฟฟ้าและการกระพริบ (voltage fluctuation and flicker test)	7.6.2.1 (2)	เป็นไปตาม มอก. 62920		
	c) การทดสอบการรบกวนจากการนำ (conducted disturbances test)	7.6.2.2 (1)	เป็นไปตาม มอก. 62920		

เลขที่ (No.)	รายการทดสอบ (test item)	หัวข้อการทดสอบตาม สทร. EC-6002	เกณฑ์การยอมรับ (criteria)	ค่า (value)	ผลการทดสอบ (ผ่าน/ไม่ผ่าน)
	d) การทดสอบการรบกวนจากการแผ่รังสี (radiated disturbances test)	7.6.2.2 (2)	เป็นไปตาม มอก. 62920		
4	**การทดสอบการใช้งาน (usability test)**				
4.1	การทดสอบพิกัดทางไฟฟ้า (electrical rating test)	7.7.1	ไม่มีพบการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน และอุณหภูมิเกิน		
4.2	การทดสอบทางความร้อน (thermal test)	7.7.2	ไม่มีพบการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกิน		
5	**การทดสอบความคงทนทางกายภาพ (physical strength test)**				
5.1	การทดสอบมือจับและส่วนที่ควบคุมด้วยมือ (handles and manual controls)	7.8.1	ไม่พบความเสียหายและอันตรายหลังจากการทดสอบด้วยมือ		
5.2	การทดสอบความมั่นคงของส่วนที่ถูกจับยึด (securing of parts)	7.8.2	ไม่พบการหลุดหลวม และระยะห่างทางไฟฟ้าเป็นไปตาม มอก.2603-1		
5.3	การทดสอบข้อกำหนดสำหรับการเชื่อมต่อกับภายนอก (provisions for external connections)	7.8.3	ไม่พบความผิดปกติ และระยะห่างทางไฟฟ้าเป็นไปตาม มอก.2603-1		

เลขที่ (No.)	รายการทดสอบ (test item)	หัวข้อการทดสอบตาม สทร. EC-6002	เกณฑ์การยอมรับ (criteria)	ค่า (value)	ผลการทดสอบ (ผ่าน/ไม่ผ่าน)
5.4	การทดสอบการต่อสายภายในและการเชื่อมต่อ (internal wiring and connections)	7.8.4	ไม่พบความผิดปกติ และระยะห่างทางไฟฟ้าเป็นไปตาม มอก.2603-1		
5.5	การทดสอบช่องเปิดในตัวครอบ (openings in enclosures)	7.8.5	ไม่พบอันตรายและขนาดทางกายภาพเป็นไปตาม มอก.2603-1		
5.6	การทดสอบส่วนที่ทำจากวัสดุพอลิเมอร์ (polymeric material)	7.8.6	ไม่พบความผิดปกติ/การเสื่อมสภาพ และระยะห่างทางไฟฟ้าเป็นไปตาม มอก.2603-1		
5.7	การทดสอบความต้านทานทางกล (mechanical resistance)	7.8.7	ไม่พบความเสียหายที่มีความเสี่ยงต่ออันตรายและเป็นไปตาม มอก.2603-1		
5.8	การทดสอบความหนาสำหรับตัวครอบโลหะ (thickness requirements for metal enclosures)	7.8.8	ขนาดทางกายภาพเป็นไปตามมอก.2603-1		

11. เอกสารอ้างอิง

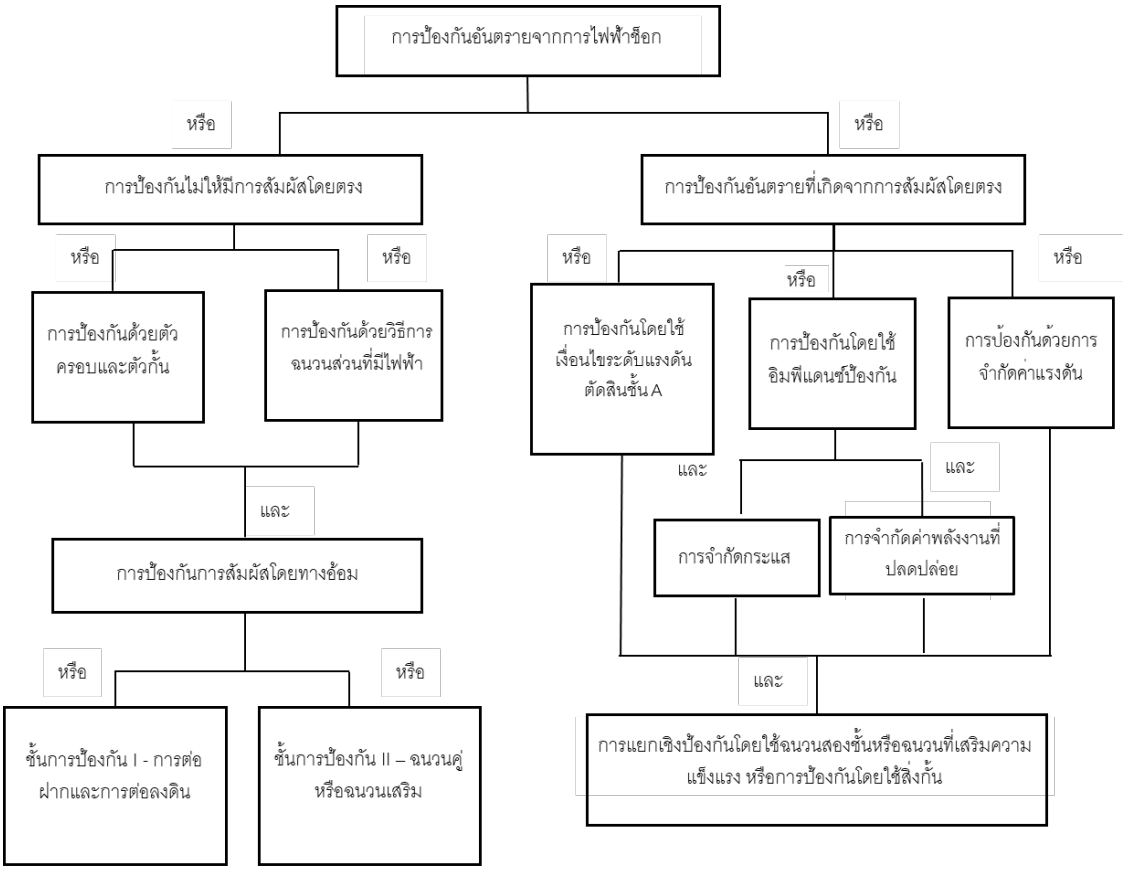
11.1 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2556). มอก. 2603 เล่ม 1: ความปลอดภัยของตัวแปลงผันกำลังไฟฟ้า สำหรับใช้ในระบบกำลังไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ เล่ม 1 คุณลักษณะที่ต้องการทั่วไป.

11.2 International Electrotechnical Commission (2010). IEC 62109-1: Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 1: General requirements.

11.3 International Electrotechnical Commission (2017). IEC 62920: Photovoltaic power generating systems - EMC requirements and test methods for power conversion equipment.

ภาคผนวก ก
สรุปมาตรการการป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าช็อก

การพิจารณาแนวทางป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าช็อก ให้พิจารณาตามแผนผังในรูปที่ ก.1 และ การกำหนดระดับแรงดันขั้นต่ำในการป้องกันไฟฟ้าช็อกสำหรับวงจรของอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้า ให้อ้างอิงชั้นของแรงดันตัดสิน (decisive voltage class) ตามมาตรฐาน มอก. 2603-1 ข้อ 7.3.2 และรายละเอียดมาตรการ การป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าช็อกแต่ละมาตรการให้อ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 2603-1 ข้อ 7.3



รูปที่ ก.1 สรุปมาตรการป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าช็อก

ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 2603-1

ภาคผนวก ข
เงื่อนไขการทดสอบแรงดันอิมพัลส์

ตารางที่ ข.1 การทดสอบแรงดันอิมพัลส์

ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 2603-1

หัวข้อ	เงื่อนไขการทดสอบ
การอ้างอิงการทดสอบ	ข้อ 19, 20.1.1 และรูปที่ 6 ของ IEC 60060-1; 6.1.2.2.1 ของ IEC 60664-1
การอ้างอิงข้อกำหนด	หัวข้อ 7.3.4.3, 7.3.5.3 และ 7.3.7 ของมาตรฐาน มอก.2603-1 หรือ IEC 62109-1
การปรับสภาพเบื้องต้น	ส่วนที่มีไฟฟ้าในวงจรเดียวกันจะต้องเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน อิมพีแดนซ์เชิงป้องกันจะถูกตัดการเชื่อมต่อเว้นแต่จะต้องทำการทดสอบ แรงดันอิมพัลส์จะนำมาใช้กับ 1) ระหว่างวงจรที่กำลังทดสอบกับส่วนประกอบที่อยู่โดยรอบ และ 2) ระหว่างวงจรที่ต้องทดสอบ ไม่มีกำลังไฟฟ้าถูกนำไปใช้กับวงจรที่กำลังทดสอบ
การวัดเริ่มต้น	ตามข้อกำหนดของอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าส่วนประกอบ หรืออุปกรณ์
อุปกรณ์ทดสอบ	เครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ 1.2/50 μs ที่มีความต้านทานประสิทธิผลภายใน (internal effective resistance) ไม่เกิน 2 โอห์ม (Ω) สำหรับการทดสอบระยะห่างปลอดภัย และ 500 โอห์ม (Ω) สำหรับการทดสอบฉนวนแข็งและส่วนประกอบ

หัวข้อ	เงื่อนไขการทดสอบ	
การวัดและการตรวจสอบ	ก) ระยะห่างปลอดภัยที่เล็กกว่าที่กำหนดตามมาตรฐาน มอก 2603-1 ระยะห่างปลอดภัยที่ลดลงโดยวิธีการจำกัดแรงดันเกินหรือโดยลักษณะของวงจร ฉนวนแข็งพื้นฐานหรือฉนวนเพิ่มเติม อิมพัลส์ 1,2/50 µs สามครั้งในแต่ละขั้ว โดยมีช่วงเวลา ≥ 1 s แรงดันสูงสุด (± 5 %) ตามคอลัมน์ที่ 2 หรือคอลัมน์ที่ 4 ของตารางที่ 4	ข) ฉนวนแข็งเสริม ระยะห่างปลอดภัย ส่วนประกอบ และการแยกเชิงป้องกัน อิมพัลส์ 1.2/50 µs สามครั้งในแต่ละขั้ว โดยมีช่วงเวลา ≥ 1 s แรงดันสูงสุด (± 5 %) ตามคอลัมน์ที่ 2 หรือคอลัมน์ที่ 4 ของตารางที่ 4
แรงดันทดสอบ	เมื่อทำการทดสอบระยะห่างปลอดภัยที่ความสูงน้อยกว่า 2,000 m แรงดันทดสอบจะต้องเพิ่มขึ้นตามตาราง F.5 ของ IEC 60664-1 หรือตาราง F.2 ของมาตรฐาน มอก. 2603 เล่ม 1	เมื่อทำการทดสอบระยะห่างปลอดภัยที่ความสูงน้อยกว่า 2,000 m แรงดันทดสอบจะต้องเพิ่มขึ้นตามตาราง F.5 ของ IEC 60664-1 หรือตาราง F.2 ของมาตรฐาน มอก. 2603 เล่ม 1

ตารางที่ ข.2 แรงดันทดสอบอิมพัลส์

ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 2603-1

คอลัมน์ 1	2	3	4	5
แรงดันระบบโวลต์ (V_{RMS}).	ค่าความคงทนต่อแรงดันอิมพัลส์สำหรับฉนวนระหว่างวงจรที่ไม่ได้เชื่อมต่อโดยตรงกับวงจรหลักและส่วนประกอบโดยรอบ ตามแรงดันเกินหมวดหมู่ II		ค่าความคงทนทนต่อแรงดันอิมพัลส์สำหรับฉนวนระหว่างวงจรที่ไม่ได้เชื่อมต่อโดยตรงกับวงจรหลักและส่วนประกอบโดยรอบ ตามแรงดันเกินหมวดหมู่ III	
	ฉนวนมูลฐานหรือฉนวนเพิ่มเติม โวลต์ (V)	ฉนวนเสริม โวลต์ (V)	ฉนวนมูลฐานหรือฉนวนเพิ่มเติม โวลต์ (V)	ฉนวนเสริม โวลต์ (V)
<50	500	800	800	1500
100	800	1500	1500	2500
150	1500	2500	2500	4000
300	2500	4000	4000	6000
600	4000	6000	6000	8000
1000	6000	8000	8000	12000
-	การประมาณค่าได้รับอนุญาต		การประมาณค่าไม่ได้รับอนุญาต	

ภาคผนวก ค

เงื่อนไขการทดสอบความคงทนไดอิเล็กตริกของฉนวน

วัตถุประสงค์การทดสอบ

การทดสอบแรงดันไฟฟ้า (อ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 2603-1 ข้อ 7) ดำเนินการเพื่อยืนยันว่าระยะห่างปลอดภัยและฉนวนแข็งของส่วนประกอบและอุปกรณ์ในอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าที่ประกอบเสร็จแล้ว มีความคงทนต่อไดอิเล็กตริกเพียงพอภายใต้สภาวะแรงดันไฟฟ้าเกิน นอกจากนี้ การทดสอบประจำยังใช้เพื่อยืนยันว่าระยะห่างปลอดภัยและฉนวนแข็งไม่ได้ถูกละเว้น ลดลง หรือเสียหายระหว่างกระบวนการผลิต

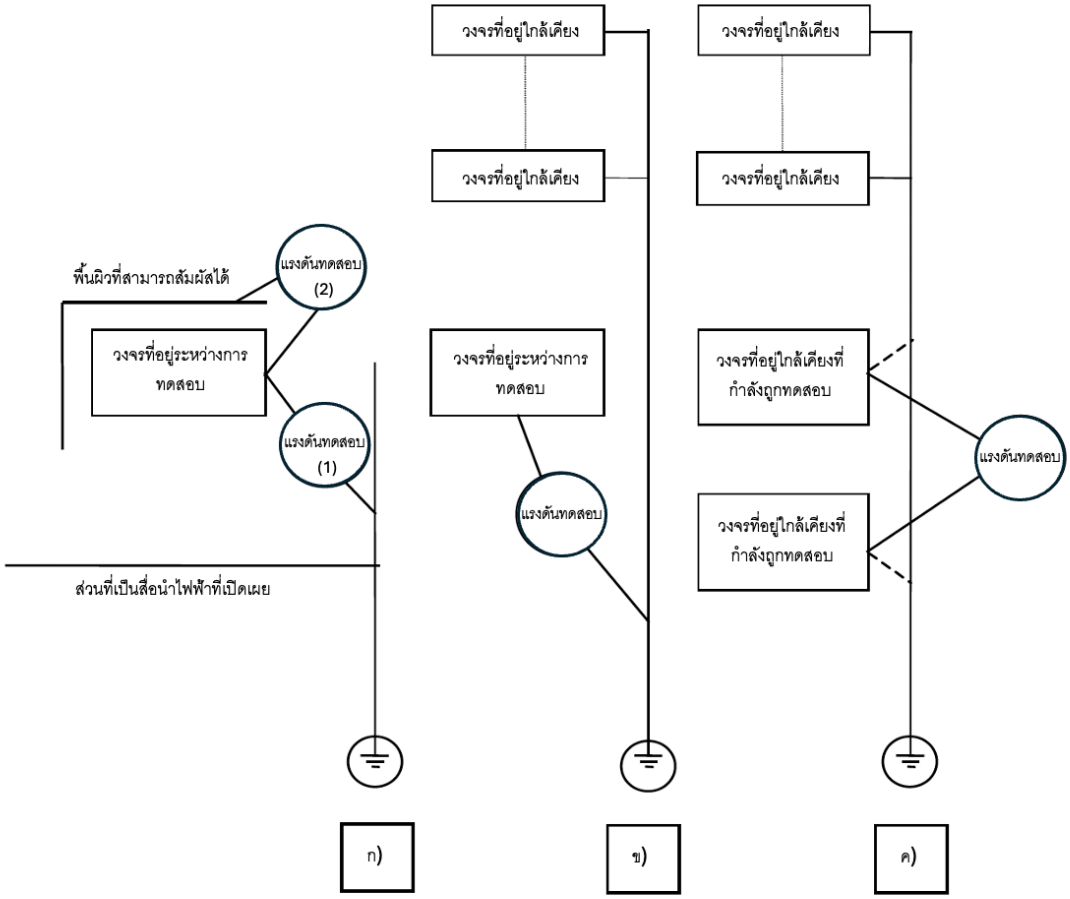
การเตรียมสภาวะความชื้นล่วงหน้า

สำหรับการทดสอบเฉพาะแบบบนอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าที่ใช้ข้อกำหนดสำหรับสถานที่เปียกชื้นตามมาตรฐาน มอก. 2603-1 ให้ดำเนินการเตรียมเงื่อนไขความชื้นที่ระบุในหัวข้อ 7.3.4 ก่อนการทดสอบแรงดันทันที

การดำเนินการทดสอบแรงดัน

การทดสอบจะถูกดำเนินการตามขั้นตอนอ้างอิงรายละเอียดตามมาตรฐาน มอก. 2603-1 และแสดงเป็นแผนผังตามรูปที่ ค.1

- การทดสอบ (1) ระหว่างส่วนที่นำไฟฟ้าที่เข้าถึงได้ (เชื่อมต่อลงดิน) และวงจรแต่ละวงจรตามลำดับ (ยกเว้นวงจรในระดับแรงดันตัดสินชั้น A) แรงดันทดสอบตามที่ระบุในแรงดันทดสอบตามที่ระบุในตารางที่ ค.1 และตารางที่ ค.2
- การทดสอบ (2) ระหว่างพื้นผิวที่เข้าถึงได้ (ส่วนที่ไม่นำไฟฟ้าหรือนำไฟฟ้าแต่ไม่เชื่อมต่อลงดิน) และวงจรแต่ละวงจรตามลำดับ (ยกเว้นวงจรในระดับแรงดันตัดสินชั้น A) แรงดันทดสอบตามที่ระบุในแรงดันทดสอบตามที่ระบุในตารางที่ ค.1 และตารางที่ ค.2
- การทดสอบระหว่างวงจรแต่ละวงจรที่ถูกพิจารณาตามลำดับ และวงจรอื่นที่อยู่ติดกันและเชื่อมต่อกันอยู่ แรงดันทดสอบตามที่ระบุในตารางที่ ค.1 และตารางที่ ค.2
- การทดสอบระหว่างวงจรในระดับแรงดันตัดสินชั้น A และวงจรแต่ละวงจรที่อยู่ติดกันตามลำดับ แรงดันทดสอบตามที่ระบุในแรงดันทดสอบตามที่ระบุในตารางที่ ค.1 และตารางที่ ค.2 ในกรณีที่ฉนวนมูลฐานจำเป็นต้องถูกใช้ระหว่างวงจรในระดับแรงดันตัดสินชั้น A ต้องมีการทดสอบฉนวนมูลฐานดังกล่าว



รูปที่ ค.1 ขั้นตอนการทดสอบแรงดันไฟฟ้า

ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 2603-1

การทดสอบจะต้องดำเนินการกับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์ โดยฝาปิดทุกบานติดตั้งแล้ว และประตูทุกบานของตัวครอบถูกปิดไว้อย่างเรียบร้อย เพื่อสร้างวงจรที่มีความต่อเนื่องสำหรับการทดสอบแรงดันบนอุปกรณ์ ขั้วต่อ หน้าสัมผัสของสวิตช์ที่เปิดอยู่ และอุปกรณ์สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ต้องเชื่อมต่อกันในตำแหน่งที่จำเป็นก่อนทำการทดสอบ ส่วนประกอบประเภทเซมิคอนดักเตอร์และอุปกรณ์อื่นที่มีความอ่อนไหวภายในวงจร อาจถูกตัดการเชื่อมต่อ ทั้งนี้เพื่อป้องกันความเสียหายระหว่างการทดสอบ

การทดสอบประจำของอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์ไม่ต้องดำเนินการ ในกรณีเป็นไปตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

- การทดสอบประจำสำหรับส่วนประกอบย่อยทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับระบบฉนวนของอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าถูกดำเนินการ
- สามารถแสดงได้ว่าการประกอบรวมขั้นสุดท้ายจะไม่ทำให้ระบบฉนวนเสียหาย

- การทดสอบเฉพาะแบบของอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์ทำการทดสอบเรียบร้อยแล้ว

ระยะเวลาของการทดสอบแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสตรง

แรงดันทดสอบสามารถเพิ่มหรือลดได้แบบค่อยเป็นค่อยไป ไม่กำหนดระยะเวลาสำหรับการเพิ่มหรือลดแรงดัน โดยระยะเวลาการทดสอบที่แรงดันเต็มพิกัดต้องเป็น 60 s สำหรับการทดสอบเฉพาะแบบ และ 1 s สำหรับการทดสอบประจำ

ตารางที่ ค.1 แรงดันทดสอบกระแสสลับ หรือกระแสตรง สำหรับวงจรที่เชื่อมต่อโดยตรงกับวงจรหลัก

ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 2603-1

คอลัมน์ 1 แรงดันระบบ (โวลต์ (V))	2 [ข] แรงดันสำหรับการทดสอบประเภทของวงจรที่มีฉนวนมูลฐาน และสำหรับการทดสอบประจำทุกประเภท		3 [ข] แรงดันสำหรับการทดสอบประเภทของวงจรที่มีการแยกเชิงป้องกัน และระหว่างวงจรและพื้นผิวที่สามารถเข้าถึงได้ (ไม่นำไฟฟ้าหรือนำไฟฟ้าแต่ไม่เชื่อมต่อกับสายดินเชิงป้องกัน (ชั้นการป้องกัน 2)	
	แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (โวลต์ (V_{RMS})[ก])	แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (โวลต์ (V))	แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (โวลต์ (V_{RMS})[ก])	แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (โวลต์ (V))
<50	500	800	800	1500
100	800	1500	1500	2500
150	1500	2500	2500	4000
300	1500	2120	3000	4240
600	1800	2545	3600	5090
1000	2200	3110	4400	6220
หมายเหตุ การประมาณค่าได้รับอนุญาต				
[ก] สอดคล้องกับ 1200 โวลต์ (V) + แรงดันระบบ [ข] ใช้แหล่งจ่ายแรงดันที่มีกระแสลัดวงจรอย่างน้อย 0.1 แอมแปร์ (A) ตามข้อ 6.2.2.2 ของ IEC 61180-1 สำหรับการทดสอบนี้				

ตารางที่ ค.2 แรงดันทดสอบกระแสสลับ หรือกระแสตรง สำหรับวงจรที่ไม่ได้เชื่อมต่อโดยตรงกับวงจรหลัก

ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 2603-1

คอลัมน์ 1 แรงดันทำงาน (ค่าสูงสุดที่เกิดซ้ำ) (โวลต์ (V))	2 [ก] แรงดันสำหรับการทดสอบประเภทของวงจรที่มีฉนวนมูลฐานและสำหรับการทดสอบประจำทุกประเภท		3 [ก] แรงดันสำหรับการทดสอบประเภทของวงจรที่มีการแยกป้องกัน และระหว่างวงจรและพื้นผิวที่สามารถเข้าถึงได้ (ไม่เป็นสื่อนำไฟฟ้าหรือเป็นสื่อนำไฟฟ้าแต่ไม่เชื่อมต่อกับสายดินป้องกัน)	
	แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (โวลต์ (V_{RMS})[ก])	แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (โวลต์ (V))	แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (โวลต์ (V_{RMS})[ก])	แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (โวลต์ (V))
<71	80	110	160	220
141	160	225	230	450
212	240	340	480	680
330	380	530	760	1100
440	500	700	1000	1400
600	680	960	1400	1900
1000	1100	1600	2200	3200
1600	1800	2600	2900	4200

หมายเหตุ 1 การประมาณค่าได้รับอนุญาต

หมายเหตุ 2 แรงดันทดสอบในตารางนี้อ้างอิงจาก 80% ของแรงดันสำหรับระยะห่างที่สอดคล้องกันตามตาราง A.1 ของ IEC 60664-1

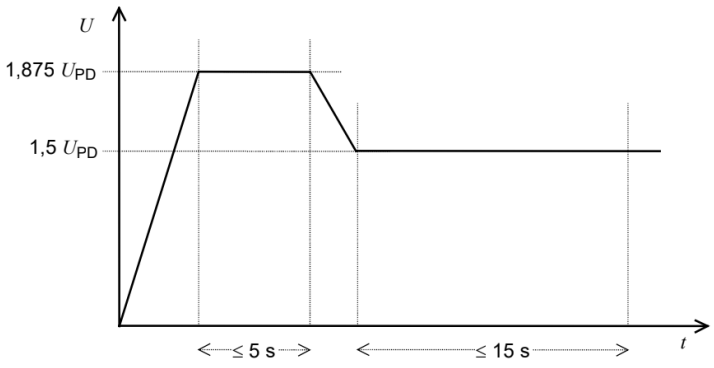
[ก] ใช้แหล่งจ่ายแรงดันที่มีกระแสลัดวงจรอย่างน้อย 0.1 A ตามข้อ 5.2.2.2 ของ IEC 61180-1 สำหรับการทดสอบนี้

ภาคผนวก ง
เงื่อนไขการทดสอบการดิสชาร์จบางส่วน

ตารางที่ ง.1 การทดสอบการดิสชาร์จบางส่วน

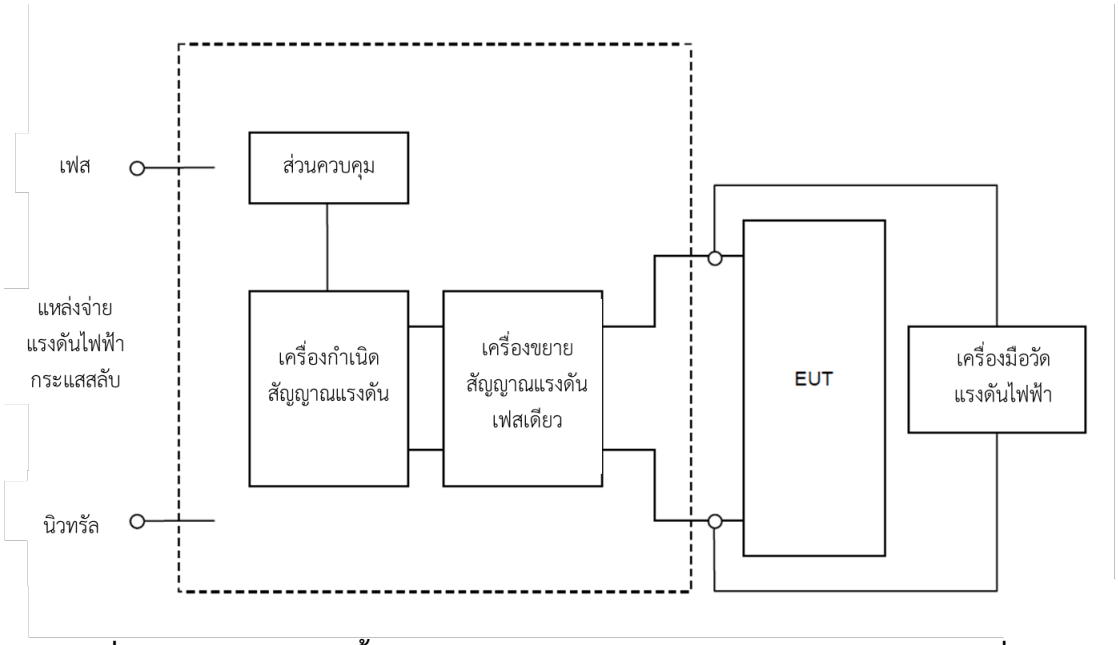
ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 2603-1

หัวข้อ	เงื่อนไขการทดสอบ
การอ้างอิงการทดสอบ	6.1.3.5 ของมาตรฐาน IEC 60664-1
การอ้างอิงข้อกำหนด	7.3.7.8 ของมาตรฐาน มอก.2603-1 หรือ IEC 62109-1
การปรับสภาพเบื้องต้น	ตัวอย่างต้องได้รับการปรับสภาพเบื้องต้นตามข้อ 6.1.3.2 ของ IEC 60664-1 ส่วนที่มีไฟฟ้าในวงจรเดียวกันจะต้องเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน แนะนำให้ทำการทดสอบการดิสชาร์จบางส่วนหลังจากการทดสอบแรงดันอิมพัลส์ เพื่อให้เห็นความเสียหายที่เกิดจากการทดสอบแรงดันอิมพัลส์ ให้ทำการทดสอบการดิสชาร์จบางส่วนก่อนการใส่ส่วนประกอบหรืออุปกรณ์เข้าในเครื่อง เนื่องจากการทดสอบการดิสชาร์จบางส่วนมักจะทำไม่ได้เมื่อเครื่องถูกประกอบแล้ว
การวัดเริ่มต้น	ตามข้อกำหนดของส่วนประกอบหรืออุปกรณ์
อุปกรณ์ทดสอบ วงจรทดสอบ แรงดันไฟฟ้าทดสอบ วิธีการทดสอบ	อุปกรณ์วัดประจุที่สอบเทียบแล้วหรือเครื่องวัดสัญญาณรบกวนทางวิทยุโดยไม่มีฟิลเตอร์ถ่วงน้ำหนัก (weighting filters) C.1 ของ IEC 60664-1 ค่ายอดของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (A.C.) 50 เฮิรตซ์ (Hz) หรือ 60 เฮิรตซ์ (Hz) 6.1.3.5 ของ IEC 60664-1: F1 = 1.2; F2, F3 = 1.25. ขั้นตอนการทดสอบ 6.1.3.5.3 ของ IEC 60664-1

หัวข้อ	เงื่อนไขการทดสอบ
การสอบเทียบอุปกรณ์ทดสอบ	C.4 ของ IEC 60664-1
การวัด การตรวจสอบ	เริ่มต้นจากแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำกว่าแรงดันดิสชาร์จที่กำหนด U_{PD}[1], แรงดันจะต้องเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงถึง 1.875 เท่าของ U_{PD} และคงไว้เป็นเวลาสูงสุด 5 s จากนั้นแรงดันไฟฟ้าจะต้องลดลงเป็นเส้นตรงถึง 1.5 เท่าของ UPD (± 5%) และคงไว้เป็นเวลาสูงสุด 15 s ซึ่งในระหว่างนี้จะทำการวัดการดิสชาร์จบางส่วน (partial discharge) การทดสอบจะถือว่าผ่านในกรณีที่การดิสชาร์จบางส่วนน้อยกว่า 10 พิโคคูลอมบ์ (pC) ในช่วงระยะเวลาที่ทำการวัด 
หมายเหตุ 1 แรงดันดิสชาร์จที่กำหนด คือ ผลรวมของแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดซ้ำในแต่ละวงจรที่แยกจากกันด้วยฉนวน	

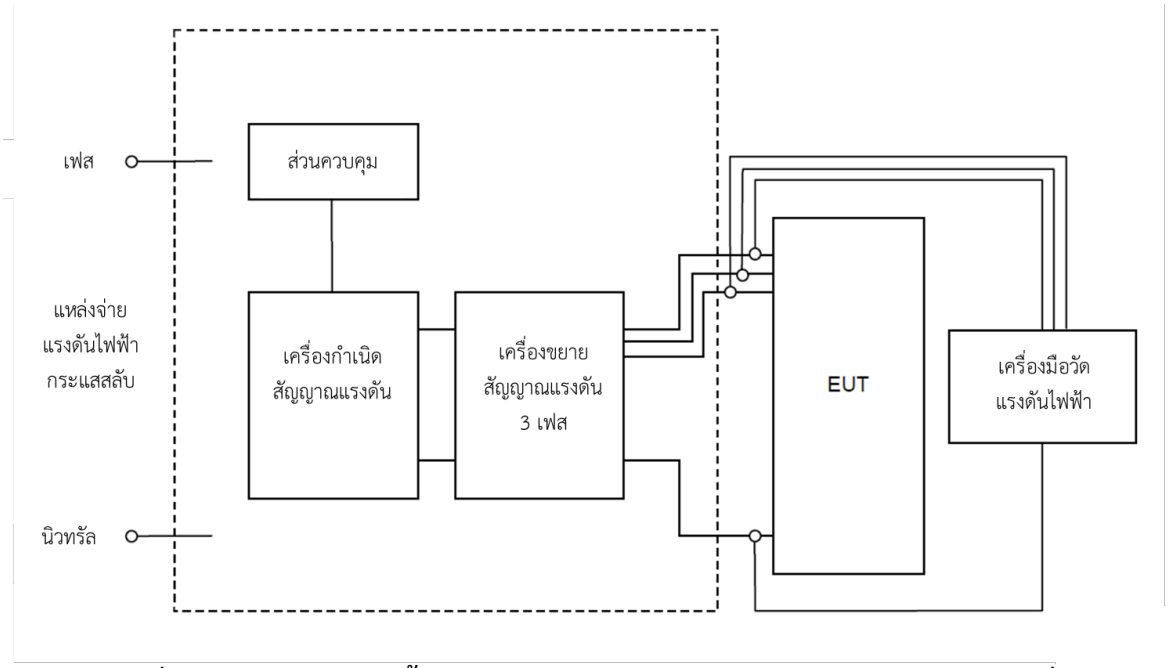
ภาคผนวก จ

ตัวอย่างการติดตั้งวงจรการทดสอบภูมิคุ้มกันจากแรงดันไฟฟ้าดิ่งลงและขาดหายไปเป็นระยะเวลาสั้น ๆ



รูปที่ จ.1 ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดสอบภูมิคุ้มกันจากแรงดันไฟฟ้าดิ่งลงและขาดหายไปเป็นระยะเวลาสั้น ๆ สำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าแบบเฟสเดียว

ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 61000 เล่ม 4(11)



รูปที่ จ.2 ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดสอบภูมิคุ้มกันจากแรงดันไฟฟ้าดิ่งลงและขาดหายไปเป็นระยะเวลาสั้น ๆ สำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าแบบสามเฟส

ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 61000 เล่ม 4(11)

ภาคผนวก ฉ
ข้อกำหนดเกี่ยวกับภูมิคุ้มกันสำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้า (PCE) ชั้น A

ตารางที่ ฉ.1 ข้อกำหนดเกี่ยวกับภูมิคุ้มกันสำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้า (PCE) ชั้น A

ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 62920

พอร์ตเชื่อมต่อ	การทดสอบ	มาตรฐานการทดสอบอ้างอิง	ระดับการทดสอบ	เกณฑ์ประเมินผล
เปลือกหุ้ม	การรบกวนจากประจุไฟฟ้าสถิตย์	มอก. 1452 เล่ม 4 หรือ IEC 61000-4-2	±4 กิโลโวลต์ (kV) สำหรับการดิสชาร์จแบบสัมผัส ±8 กิโลโวลต์ (kV) สำหรับการดิสชาร์จผ่านอากาศ	B
	การรบกวนจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่วิทยุที่แผ่ออก	มอก. 61000 เล่ม 4(3)-2556 หรือ IEC 61000-4-3	80 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) ถึง 1,000 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) 3 โวลต์ต่อเมตร (V/m) 80 % AM (1 กิโลเฮิรตซ์ (kHz))	A
	การรบกวนจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่วิทยุที่แผ่ออก	มอก. 61000 เล่ม 4(3)-2556 หรือ IEC 61000-4-3	1.4 กิกะเฮิรตซ์ (GHz) ถึง 6 กิกะเฮิรตซ์ (GHz) 3 โวลต์ต่อเมตร (V/m) 80 % AM (1 กิโลเฮิรตซ์ (kHz))	A

พอร์ตเชื่อมต่อ	การทดสอบ	มาตรฐานการทดสอบอ้างอิง	ระดับการทดสอบ	เกณฑ์ประเมินผล
พอร์ตไฟฟ้ากระแสสลับ	การรบกวนภาวะชั่วครู่อย่างเร็วทางไฟฟ้า[2]	มอก. 1454-2562 หรือ IEC 61000-4-4	±2 กิโลโวลต์ (kV) 5 กิโลเฮิรตซ์ (kHz) หรือ 100 กิโลเฮิรตซ์ (kHz)[1]	B
	การรบกวนภาวะชั่วครู่อย่างเร็วทางไฟฟ้า[2]	มอก. 1454-2562 หรือ IEC 61000-4-4	±1 กิโลโวลต์ (kV) (line to line) ±2 กิโลโวลต์ (kV) (line to earth)	B
	สัญญาณรบกวนที่นำตามสายซึ่งเหนี่ยวนำโดยสนามความถี่วิทยุ[2]	มอก. 61000 เล่ม 4(6)-2563	0.15 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) ถึง 80 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) 10 โวลต์ (V) 80 % AM (1 kHz)	A

พอร์ตเชื่อมต่อ	การทดสอบ	มาตรฐานการทดสอบอ้างอิง	ระดับการทดสอบ	เกณฑ์ประเมินผล
พอร์ตไฟฟ้ากระแสตรง	การรบกวนภาวะชั่วครู่อย่างเร็วทางไฟฟ้า	มอก. 1454-2562 หรือ IEC 61000-4-4	±1 กิโลโวลต์ (kV) 5 กิโลเฮิรตซ์ (kHz) หรือ 100 กิโลเฮิรตซ์ (kHz)[1]	B
	แรงดันกระชาก[4]	มอก. 1455-2562 หรือ IEC 61000-4-5	±0.5 กิโลโวลต์ (kV) (line to line) ±1 กิโลโวลต์ (kV) (line to earth)	B
	สัญญาณรบกวนที่นำตามสายซึ่งเหนี่ยวนำโดยสนามความถี่วิทยุ	มอก. 61000 เล่ม 4(6)-2563	0.15 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) ถึง 80 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) 10 โวลต์ (V) 80 % AM (1กิโลเฮิรตซ์ (kHz))	A
สัญญาณและควบคุม	การรบกวนภาวะชั่วครู่อย่างเร็วทางไฟฟ้า[3]	มอก. 1454-2562 หรือ IEC 61000-4-4	±1 กิโลโวลต์ (kV) 5 กิโลเฮิรตซ์ (kHz) หรือ 100 กิโลเฮิรตซ์ (kHz)[1]	B

พอร์ตเชื่อมต่อ	การทดสอบ	มาตรฐานการทดสอบอ้างอิง	ระดับการทดสอบ	เกณฑ์ประเมินผล
สัญญาณและควบคุม	แรงดันกระชาก[4]	มอก. 1455-2562 หรือ IEC 61000-4-5	±1 กิโลโวลต์ (kV) (line to earth)	B
	สัญญาณรบกวนที่นำตามสายซึ่งเหนี่ยวนำโดยสนามความถี่วิทยุ	มอก. 61000 เล่ม 4(6)-2563	0.15 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) ถึง 80 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) 10 โวลต์ (V) 80 % AM (1 กิโลเฮิรตซ์ (kHz))	A

หมายเหตุ 1 การทดสอบอาจดำเนินการที่ความถี่การทำซ้ำหนึ่งครั้งหรือทั้งสองครั้ง การใช้ความถี่การทำซ้ำ 5 กิโลเฮิรตซ์ (kHz) เป็นการดำเนินการแบบดั้งเดิม อย่างไรก็ตาม 100 กิโลเฮิรตซ์ (kHz) มีความใกล้เคียงกับความเป็น จริงมากกว่า

2 อุปกรณ์แปลงพลังงานระดับแรงดันปานกลาง (PCE-MV) อาจทดสอบที่ด้านแรงต่ำ ในกรณีที่อุปกรณ์ทดสอบไม่สามารถใช้กับด้านแรงดันปานกลางได้

3 ใช้ได้เฉพาะกับพอร์ตหรืออินเทอร์เฟซที่มีสายเคเบิลซึ่งความยาวรวมอาจเกิน 3 m ตามข้อกำหนดการทำงานของผู้ผลิต

4 ใช้ได้เฉพาะกับพอร์ตที่มีสายเคเบิลที่ความยาวรวมตามข้อกำหนดการทำงานของผู้ผลิตอาจเกิน 30 m ในกรณีของสายเคเบิลที่มีการป้องกัน การเชื่อมต่อโดยตรงกับโล่จะถูกนำมาใช้ ข้อกำหนดด้านภูมิคุ้มกันนี้ไม่ใช้กับ field bus หรืออินเทอร์เฟซสัญญาณอื่น ๆ ที่การใช้อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากไม่เป็นไปได้ด้วยเหตุผลทางเทคนิค

ไม่ต้องดำเนินการทดสอบ ในกรณีที่การทำงานปกติไม่สามารถบรรลุได้เนื่องจากผลกระทบของเครือข่ายเชื่อมต่อ/แยกสัญญาณ (CDN) ต่ออุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้า แม้ว่าวิธีการทดสอบทางเลือกจะถูกนำมาใช้ก็ตาม

ตารางที่ ฉ.2 ข้อกำหนดภูมิคุ้มกันต่อแรงดันฟ้าตก และการหยุดชะงักของแรงดันไฟฟ้า สำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าชั้น A

ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 62920

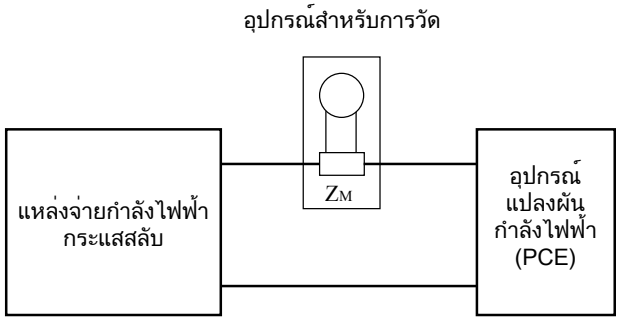
พอร์ตเชื่อมต่อ	การทดสอบ	มาตรฐานการทดสอบอ้างอิง	ระดับการทดสอบ	เกณฑ์ประเมินผล
ไฟฟ้ากระแสสลับ	แรงดันไฟฟ้าดิ่งลง[ก]	IEC 61000-4-11 (สำหรับกระแสไม่เกิน 16 A) IEC 61000-4-34 (สำหรับกระแสเกิน 16 A)	0%, 1 รอบ	B
			40%, 10/12 รอบ ที่ 50/60 เฮิรตซ์ (Hz)	C
			70%, 25/30 รอบ ที่ 50/60 เฮิรตซ์ (Hz) (% แรงดันตกค้าง)	C
	ขาดหายไปเป็นระยะเวลาสั้น ๆ[ก]		0 %, 250/300 รอบ ที่ 50/60 เฮิรตซ์ (Hz) (% แรงดันตกค้าง)	C
หมายเหตุ ก ข้อกำหนดนี้ไม่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบไฟฟ้า แรงดันปานกลาง (PCE-MV)				

ตารางที่ ฉ.3 เกณฑ์ประสิทธิภาพสำหรับการทดสอบภูมิคุ้มกัน

ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 62920

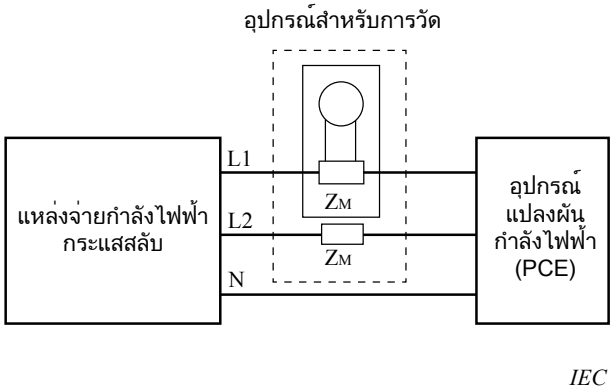
หัวข้อ	เกณฑ์ A	เกณฑ์ B	เกณฑ์ C
สถานะการทำงาน	-ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้ของสถานะการทำงาน -สามารถทำงานได้ตามที่คาดไว้	-มีการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้ของลักษณะการทำงาน -สามารถกู้คืนได้เอง	-มีการหยุดการทำงาน -มีการเปลี่ยนแปลงในสถานะการทำงาน -มีการกระตุ้นอุปกรณ์ป้องกัน -ไม่สามารถกู้คืนได้เอง
กำลังไฟฟ้าขาออก	กำลังไฟฟ้าขาออกสามารถแตกต่างได้ไม่เกิน ±25%	-กำลังไฟฟ้าขาออกเกิน ±25% ได้ชั่วคราว -สามารถกู้คืนได้เอง	-ไม่มีกำลังไฟฟ้าขาออก -ไม่สามารถกู้คืนได้เอง
การบ่งชี้ภายนอกและภายในและการวัด	-ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้ของสถานะการทำงาน	มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการทดสอบเท่านั้น	-มีการหยุดการทำงาน -มีการกระตุ้นอุปกรณ์ป้องกัน -ไม่สามารถกู้คืนได้เอง
สัญญาณควบคุมไปยังอุปกรณ์ภายนอก	ไม่มีการสื่อสารและการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ถูกรบกวนไปยังอุปกรณ์ภายนอก	การสื่อสารที่ถูกรบกวนชั่วคราว แต่ไม่มีรายงานข้อผิดพลาดจากอุปกรณ์ภายในหรือภายนอกที่อาจทำให้เกิดการปิดระบบ	-มีข้อผิดพลาดในการสื่อสาร การสูญเสียข้อมูลและสารสนเทศ -ไม่มีการสูญเสียโปรแกรมที่เก็บไว้ -ไม่มีการสูญเสียโปรแกรมของผู้ใช้ -ไม่สามารถกู้คืนได้เอง

ภาคผนวก ช
ตัวอย่างวงจรทดสอบข้อกำหนดการปล่อยคลื่นความถี่ต่ำ



รูปที่ ช.1 วงจรทดสอบฮาร์มอนิกส์สำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าแบบเฟสเดียวสองสาย (ZM คือ อินพุตอิมพีแดนซ์ของเครื่องมือวัด)

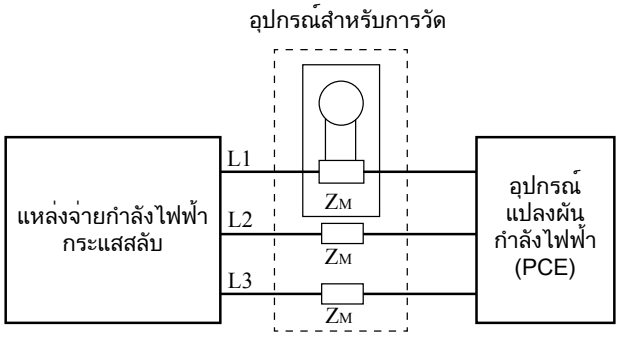
ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 62920



IEC

รูปที่ ช.2 วงจรทดสอบฮาร์มอนิกส์สำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าแบบเฟสเดียวสามสาย (ZM คือ อินพุตอิมพีแดนซ์ของเครื่องมือวัด)

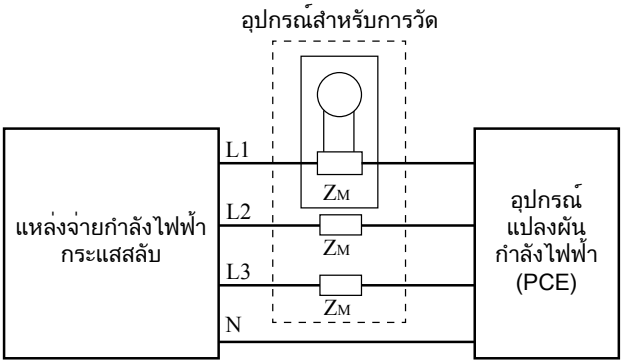
ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 62920



IEC

รูปที่ ช.3 วงจรทดสอบฮาร์มอนิกส์สำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าแบบสามเฟสสามสาย (ZM คือ อินพุตอิมพีแดนซ์ของเครื่องมือวัด)

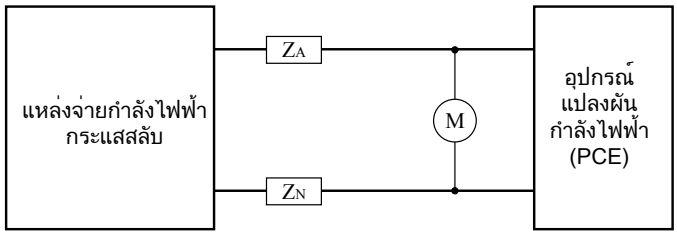
ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 62920



IEC

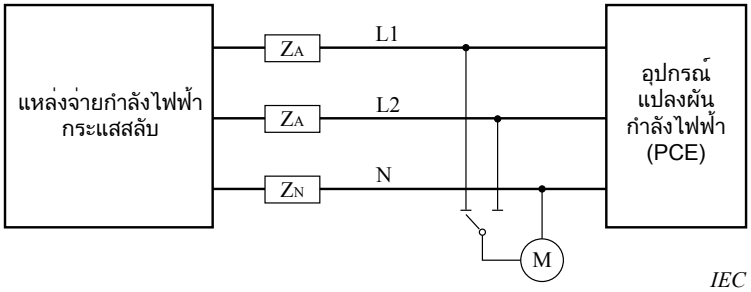
รูปที่ ช.4 วงจรทดสอบฮาร์มอนิกส์สำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าแบบสามเฟสสี่สาย (ZM คือ อินพุตอิมพีแดนซ์ของเครื่องมือวัด)

ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 62920



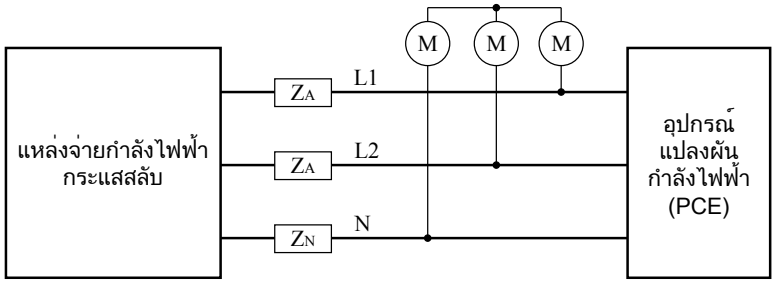
รูปที่ ช.5 วงจรทดสอบความผันผวนของแรงดันไฟฟ้าและการกะพริบสำหรับ PCE แบบเฟสเดียวสองสาย (ZA และ ZN คือ อิมพีแดนซ์อ้างอิง ส่วน M คือเครื่องมือวัด)

ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 62920



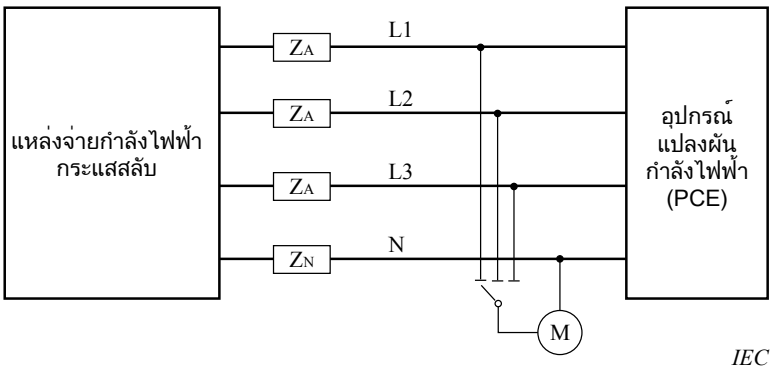
รูปที่ ช.6 วงจรทดสอบความผันผวนของแรงดันไฟฟ้าและการกะพริบสำหรับ PCE แบบเฟสเดียวสามสาย (ZA และ ZN คือ อิมพีแดนซ์อ้างอิง ส่วน M คือเครื่องมือวัด)

ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 62920



รูปที่ ช.7 วงจรทดสอบความผันผวนของแรงดันไฟฟ้าและการกะพริบสำหรับ PCE แบบสามเฟสสามสาย (ZA และ ZN คือ อิมพีแดนซ์อ้างอิง ส่วน M คือเครื่องมือวัด)

ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 62920



รูปที่ ช.8 วงจรทดสอบความผันผวนของแรงดันไฟฟ้าและการกะพริบสำหรับ PCE แบบสามเฟสสี่สาย (ZA และ ZN คือ อิมพีแดนซ์อ้างอิง ส่วน M คือเครื่องมือวัด)

ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 62920

ภาคผนวก ซ
ขีดจำกัดของแรงดันรบกวนที่พอร์ตไฟฟ้าสำหรับการทดสอบการวัดการรบกวนจากการนำ

ตารางที่ ซ.1 ขีดจำกัดของแรงดันรบกวนที่พอร์ตไฟฟ้าหลักกระแสสลับสำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าชั้น A ที่วัดที่สถานที่ทดสอบ

ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 62920

ช่วงความถี่ (MHz)	พิกัดกำลัง ≤ 20 กิโลโวลต์-แอมแปร์ (kVA)		พิกัดกำลัง > 20 กิโลโวลต์-แอมแปร์ (kVA)[ก]		ระบบและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังสูง, พิกัดกำลัง > 75 กิโลโวลต์-แอมแปร์ (kVA)[ข]	
	ค่ายอดเสมือน dB (μV)	ค่าเฉลี่ย dB (μV)	ค่ายอดเสมือน dB (μV)	ค่าเฉลี่ย dB (μV)	ค่ายอดเสมือน dB (μV)	ค่าเฉลี่ย dB (μV)
0.15-0.5	79	66	100	90	130	120
0.5-5	73	60	86	76	125	115
5-30	73	60	ลดลงเชิงเส้นตามลอการิทึมของความถี่จาก 90 ถึง 73	ลดลงเชิงเส้นตามลอการิทึมของความถี่จาก 80 ถึง 60	115	105

หมายเหตุ ที่ความถี่การเปลี่ยนแปลง (Transition Frequency) จะใช้ข้อจำกัดที่เข้มงวดมากขึ้น

- สำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าชั้น A ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเชื่อมต่อกับระบบจ่ายไฟฟ้าอุตสาหกรรมที่มีสายนิวทรัลแยกออกจากกันหรือระบบที่มีการต่อลงดินด้วยความต้านทานสูงโดยเฉพาะ (ดูในมาตรฐาน IEC 60364-1) สามารถใช้ขีดจำกัดสำหรับอุปกรณ์ที่มีกำลังไฟฟ้าที่มีพิกัดกำลังมากกว่า 75 กิโลโวลต์-แอมแปร์ (kVA) ได้

ขีดจำกัดเหล่านี้ใช้เฉพาะกับพอร์ตกำลังไฟฟ้าหลักกระแสสลับแรงดันต่ำเท่านั้น

การเลือกชุดข้อจำกัดที่เหมาะสมให้อ้างอิงจากพิกัดกำลังไฟฟ้ากระแสสลับที่ระบุ โดยผู้ผลิต

[ก]ข้อจำกัดเหล่านี้ใช้กับอุปกรณ์ที่มีพิกัดกำลังมากกว่า 20 กิโลโวลต์-แอมแปร์ (kVA) และมีวัตถุประสงค์เพื่อเชื่อมต่อกับหม้อแปลงไฟฟ้าหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเฉพาะ และไม่ได้เชื่อมต่อกับสายส่งไฟฟ้าแรงดันต่ำ (LV) ทางอากาศ สำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าที่ไม่มีวัตถุประสงค์ให้เชื่อมต่อกับหม้อแปลงไฟฟ้าของผู้ใช้เฉพาะ จะใช้ข้อจำกัดสำหรับพิกัดกำลัง ≤ 20 กิโลโวลต์-แอมแปร์ (kVA) ผู้ผลิตและ/หรือผู้จัดจำหน่ายต้องให้ข้อมูลเกี่ยวกับมาตรการการติดตั้งที่สามารถใช้ลดการปล่อยคลื่นจากอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ให้ระบุว่าอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้านี้มีวัตถุประสงค์ให้เชื่อมต่อกับหม้อแปลงไฟฟ้าหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเฉพาะ และไม่ใช้กับสายส่งไฟฟ้าแรงดันต่ำทางอากาศ

[ข]ข้อจำกัดเหล่านี้ใช้เฉพาะกับระบบและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังสูงที่มีพิกัดกำลังมากกว่า 75 กิโลโวลต์-แอมแปร์ (kVA) เมื่อมีวัตถุประสงค์ที่จะติดตั้งดังต่อไปนี้

- อุปกรณ์ได้รับพลังงานจากหม้อแปลงไฟฟ้าหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเฉพาะ และไม่เชื่อมต่อกับสายส่งไฟฟ้าแรงดันต่ำทางอากาศ
- การติดตั้งถูกแยกออกจากสภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัยโดยระยะห่างมากกว่า 30 m หรือโดยโครงสร้างที่ทำหน้าที่เป็นกำแพงป้องกันปรากฏการณ์การแผ่รังสี

ผู้ผลิตและ/หรือผู้จัดจำหน่ายต้องระบุว่าอุปกรณ์นี้เป็นไปตามข้อจำกัดแรงดันรบกวนสำหรับระบบและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังสูงที่มีพิกัดกำลัง > 75 กิโลโวลต์-แอมแปร์ (kVA) และให้ข้อมูลเกี่ยวกับมาตรการการติดตั้งที่ผู้ติดตั้งต้องนำไปใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ให้ระบุว่าอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้านี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้งานในระบบที่ได้รับพลังงานจากหม้อแปลงไฟฟ้าหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเฉพาะ และไม่ใช้กับสายส่งไฟฟ้าแรงดันต่ำทางอากาศ

ตารางที่ ซ.2 ขีดจำกัดของแรงดันรบกวนที่พอร์ตกำลังไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าชั้น A ที่วัดที่สถานที่ทดสอบ

ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 62920

ช่วงความถี่ (MHz)	พิกัดกำลัง ≤ 20 กิโลโวลต์-แอมแปร์ (kVA)		พิกัดกำลัง > 20 ถึง ≤ 75 กิโลโวลต์-แอมแปร์ (kVA)		พิกัดกำลัง > 75 กิโลโวลต์-แอมแปร์ (kVA)	
	ค่ายอดเสมือน dB(μV)	ค่าเฉลี่ย dB (μV)	ค่ายอดเสมือน dB(μV)	ค่าเฉลี่ย dB (μV)	ค่ายอดเสมือน dB(μV)	ค่าเฉลี่ย dB (μV)
0.15 ถึง 5	97 ถึง 89	84 ถึง 76	116 ถึง 106	106 ถึง 96	132 ถึง 122	122 ถึง 112
5 ถึง 30	89	76	106 ถึง 89	96 ถึง 76	122 ถึง 105	112 ถึง 92
หมายเหตุ ในช่วงความถี่บางช่วง ขีดจำกัดในตารางนี้จะลดลงเชิงเส้นตรงตามลอการิทึมของความถี่ การเลือกชุดขีดจำกัดที่เหมาะสมต้องขึ้นอยู่กับพิกัดกำลังไฟฟ้ากระแสสลับที่กำหนดโดยผู้ผลิต						

ตารางที่ ซ.3 ขีดจำกัดของการรบกวนโหมดร่วม (โหมดอสมมาตร) ที่พอร์ตที่เชื่อมต่อด้วยสายสำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้า ชั้น A

ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 62920

ช่วงความถี่ (MHz)	ค่ายอดเสมือน dB(μV)/ dB(μA)	ค่าเฉลี่ย dB (μV)/ dB(μA)
0.15-0.5	ลดลงเชิงเส้นตามลอการิทึมของความถี่จาก 97/53 ถึง 87/43	ลดลงเชิงเส้นตามลอการิทึมของความถี่จาก 84/40 ถึง 74/30
0.5–30	87/43	74/30

ภาคผนวก ฌ
ขีดจำกัดการรบกวนการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับการทดสอบการรบกวนจากการแผ่รังสี

ตารางที่ ฌ.1 ขีดจำกัดสำหรับการรบกวนการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าชั้น A ที่วัดที่สถานที่ทดสอบ

ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 62920

ช่วงความถี่ (MHz)	ระยะการวัด 10 m		ระยะการวัด 5 m [ข]		ระยะการวัด 3 m [ข]	
	ค่ายอดเสมือน dB (μV/m) ที่พิกัดกำลัง ≤ 20 kVA [ค]	ค่ายอดเสมือน dB (μV/m) ที่พิกัดกำลัง > 20 kVA [ก, ค]	ค่ายอดเสมือน dB (μV/m) ที่พิกัดกำลัง ≤ 20 kVA [ค]	ค่ายอดเสมือน dB (μV/m) ที่พิกัดกำลัง > 20 kVA [ก, ค]	ค่ายอดเสมือน dB (μV/m) ที่พิกัดกำลัง ≤ 20 kVA [ค]	ค่ายอดเสมือน dB (μV/m) ที่พิกัดกำลัง > 20 kVA [ก, ค]
30-230	40	50	46	56	50	60
230-1000	47	50	53	56	57	60

หมายเหตุ ในสถานที่ทดสอบ อุปกรณ์ชั้น A สามารถวัดได้ที่ระยะการวัดมาตรฐาน 3 m 5 m 10 m หรือ 30 m โดยการวัดที่ระยะน้อยกว่า 10 m (3 m หรือ 5 m) จะอนุญาตเฉพาะสำหรับอุปกรณ์ขนาดเล็กหรือขนาดกลาง ในกรณีที่ทำการวัดที่ระยะห่าง 30 m จะต้องใช้ปัจจัยแปรผกผัน 20 dB/decade เพื่อปรับข้อมูลที่วัดได้ให้เป็นไปตามระยะทางที่กำหนดเพื่อตรวจสอบการปฏิบัติตามข้อกำหนด เนื่องจากการคำนวณ 20 log(10/3) = 10.458 นั้นส่งผลให้เกิดความแตกต่างประมาณ 10 เดซิเบล (dB) ระหว่างขีดจำกัดที่ 10 m และ 3 m จึงใช้ค่าชดเชย 6 เดซิเบล (dB) ระหว่างขีดจำกัดที่ 10 m และ 5 m โดยคำนวณจาก 20 log(10/5) = 6.021
ที่ความถี่การเปลี่ยนแปลง (transition frequency) จะใช้ข้อจำกัดที่เข้มงวดมากขึ้น

[ก] ขีดจำกัดเหล่านี้ใช้กับอุปกรณ์ที่มีพิกัดกำลังไฟฟ้ามากกว่า 20 กิโลโวลต์-แอมแปร์ (kVA) และถูกออกแบบให้ใช้ในสถานที่ที่มีระยะห่างมากกว่า 30 m จากระบบการสื่อสารวิทยุที่ไวต่อการรบกวนจากบุคคลที่สาม ผู้ผลิตจะต้องระบุในเอกสารทางเทคนิคว่าอุปกรณ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้งานในสถานที่ที่มีระยะห่างจากบริการวิทยุที่ไวต่อการรบกวนของบุคคลที่สามมากกว่า 30 m ในกรณีที่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขเหล่านี้ จะต้องใช้ขีดจำกัดสำหรับอุปกรณ์ที่มีกำลังไฟฟ้าไม่เกิน 20 กิโลโวลต์-แอมแปร์ (kVA)
[ข] ระยะห่าง 3 m ใช้ได้เฉพาะกับอุปกรณ์ขนาดเล็กที่ตรงตามเกณฑ์ขนาดที่กำหนดและระยะห่าง 5 m ใช้ได้เฉพาะกับอุปกรณ์ขนาดกลางที่ตรงตามเกณฑ์ขนาดที่กำหนด
[ค] การเลือกชุดข้อจำกัดที่เหมาะสมให้อ้างอิงจากพิกัดกำลัง

ภาคผนวก ญ
พื้นที่การดัดของสายไฟจากขั้วต่อไปยังสิ่งกีดขวาง

ตารางที่ ญ.1 พื้นที่การดัดของสายไฟจากขั้วต่อไปยังสิ่งกีดขวาง

ที่มา: ดัดแปลงจาก มอก. 2603-1

ขนาดของสายไฟ (mm^2)	พื้นที่การดัดขั้นต่ำระหว่างขั้วต่อและสิ่งกีดขวาง (mm)		
	สายไฟ 1 สายต่อขั้ว	สายไฟ 2 สายต่อขั้ว	สายไฟ 3 สายต่อขั้ว
10-16	40	-	-
25	50	-	-
35	65	-	-
50	80	125	180
70	90	150	190
95	105	180	205
120	205	205	230
150	255	255	280
185	305	305	330
240	305	305	380
300	355	405	455
350	355	405	510
400	455	485	560
450	455	485	610