



มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 1561 – 2548

ผลิตภัณฑ์เทคโนโลยีสารสนเทศ

เฉพาะด้านความปลอดภัย : ข้อกำหนดทั่วไป

INFORMATION TECHNOLOGY EQUIPMENT – SAFETY : GENERAL
REQUIREMENTS

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 35.020,35.260

ISBN 974-1508-10-7

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ผลิตภัณฑ์เทคโนโลยีสารสนเทศ
เฉพาะด้านความปลอดภัย : ข้อกำหนดทั่วไป

มอก. 1561— 2548

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศและงานทั่วไปเล่ม 123 ตอนที่ 60ง
วันที่ 22 มิถุนายน พุทธศักราช 2549

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 885
บริษัทเทคโนโลยีสารสนเทศ เฉพาะด้านความปลอดภัย

ประธานกรรมการ

นายคมสัน เพ็ชรรักษ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรรมการ

นายสมศักดิ์ ปิยะภาณี

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

นายพงศ์ศักดิ์ ธรรมบวร

การไฟฟ้านครหลวง

นายกมล เอื้อชินกุล

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

นายประยุทธ์ รัตนวิทย์

นางปราณี ปฐมมาณิศ

บริษัท ทศท คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

นายสมนึก ทองชู

บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน)

นายพัลลภ มุ่งอาสา

บริษัท เบลต้า คอมพิวเตอร์ จำกัด

นายเสถียร ถึงถาวร

บริษัท เอเทค คอมพิวเตอร์ จำกัด

-

บริษัท สหวิริยา โอเอ จำกัด

-

บริษัท ล็อกซ์เลย์ จำกัด (มหาชน)

กรรมการและเลขานุการ

นายวศิน พิสุทธิพัตถยา

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

นายณัฐ รุจิรัตน์

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบริษัทเทคโนโลยีสารสนเทศ เฉพาะด้านความปลอดภัย : ข้อกำหนดทั่วไป นี้ได้ประกาศใช้เป็นครั้งแรกเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บริษัทเทคโนโลยีสารสนเทศ เฉพาะด้านความปลอดภัย มาตรฐานเลขที่ มอก.1561-2541 ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 116 ตอนที่ 86ง วันที่ 28 ตุลาคม พุทธศักราช 2542 ต่อมาได้พิจารณาเห็นสมควรแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้ทันสมัยและเป็นไปตามเอกสารอ้างอิงฉบับล่าสุด จึงได้แก้ไขปรับปรุงโดยยกเลิกมาตรฐานเดิมและกำหนดมาตรฐานนี้ขึ้นใหม่

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้นโดยอาศัยเอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

IEC 60950-1 (2001-10)

Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตาม มาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511

สารบัญ

		หน้า
บทนำ		- 1 -
0	หลักการของความปลอดภัย	
0.1	หลักการทั่วไป	- 1 -
0.2	อันตราย	- 2 -
0.2.1	ช็อกไฟฟ้า	- 2 -
0.2.2	อันตรายที่สัมพันธ์กับพลังงาน	- 4 -
0.2.3	ไฟ	- 4 -
0.2.4	อันตรายที่สัมพันธ์กับความร้อน	- 4 -
0.2.5	อันตรายทางกล	- 5 -
0.2.6	การแผ่รังสี	- 5 -
0.2.7	อันตรายทางเคมี	- 5 -
0.3	วัสดุและส่วนประกอบ	- 5 -
1	ทั่วไป	- 6 -
1.1	ขอบข่าย	- 6 -
1.1.1	บริษัทที่ครอบคลุมโดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้	- 6 -
1.1.2	ข้อกำหนดเพิ่มเติม	- 7 -
1.1.3	ข้อยกเว้น	- 8 -
1.2	บทนิยาม	- 8 -
1.2.1	พิกัดทางไฟฟ้าของบริษัท	- 8 -
1.2.2	ภาวะการทำงาน (operating condition)	- 8 -
1.2.3	ความสามารถในการเคลื่อนย้ายของบริษัท (equipment mobility)	- 9 -
1.2.4	ประเภทของบริษัท - การป้องกันช็อกไฟฟ้า	- 9 -
1.2.5	การต่อเข้ากับแหล่งจ่าย	- 10 -
1.2.6	เปลือกหุ้ม (enclosure)	- 10 -
1.2.7	สภาพเข้าถึงได้ (accessibility)	- 11 -
1.2.8	วงจรและลักษณะเฉพาะของวงจร	- 11 -
1.2.9	ฉนวน	- 14 -
1.2.10	ระยะห่างในอากาศและระยะห่างตามผิวฉนวน	- 14 -
1.2.11	ส่วนประกอบ	- 15 -
1.2.12	สภาพการเกิดเปลวไฟได้	- 15 -
1.2.13	เบ็ดเตล็ด	- 17 -

	หน้า
1.3 ข้อกำหนดทั่วไป	- 19 -
1.3.1 การใช้ข้อกำหนด	- 19 -
1.3.2 การออกแบบและสร้างบริษัท	- 19 -
1.3.3 แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย (supply voltage)	- 19 -
1.3.4 การสร้างที่ไม่ครอบคลุมโดยเฉพาะ	- 19 -
1.3.5 วัสดุสมมูล (equivalent material)	- 20 -
1.3.6 การวางทิศทางในระหว่างการขนย้ายและการใช้งาน	- 20 -
1.3.7 การเลือกเกณฑ์	- 20 -
1.3.8 ตัวอย่างที่กล่าวถึงในมาตรฐาน	- 20 -
1.3.9 ของเหลวนำไฟฟ้า	- 20 -
1.4 ภาวะทั่วไปสำหรับการทดสอบ	- 20 -
1.4.1 การใช้การทดสอบ	- 20 -
1.4.2 การทดสอบเฉพาะแบบ	- 20 -
1.4.3 ตัวอย่างทดสอบ	- 20 -
1.4.4 พารามิเตอร์ขณะทำงานสำหรับการทดสอบ	- 21 -
1.4.5 แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายสำหรับการทดสอบ	- 21 -
1.4.6 ความถี่ของแหล่งจ่ายสำหรับการทดสอบ	- 22 -
1.4.7 อุปกรณ์วัดทางไฟฟ้า	- 22 -
1.4.8 แรงดันไฟฟ้าทำงานปกติ	- 22 -
1.4.9 การวัดแรงดันไฟฟ้าเทียบกับดิน	- 23 -
1.4.10 โครงแบบการโหลดบริษัทที่ทดสอบ	- 23 -
1.4.11 กำลังไฟฟ้าจากโครงข่ายโทรคมนาคม	- 23 -
1.4.12 ภาวะการวัดอุณหภูมิ	- 23 -
1.4.13 วิธีวัดอุณหภูมิ	- 24 -
1.4.14 ความผิดพลาดจำลองและภาวะผิดปกติ	- 24 -
1.4.15 การเป็นไปตามข้อกำหนดโดยการตรวจสอบข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	- 25 -
1.5 ส่วนประกอบ	- 25 -
1.5.1 ทั่วไป	- 25 -
1.5.2 การประเมินค่าและการทดสอบส่วนประกอบ	- 25 -
1.5.3 อุปกรณ์ควบคุมความร้อน	- 26 -
1.5.4 หม้อแปลง	- 26 -
1.5.5 เคเบิลต่อระหว่างหน่วย	- 26 -
1.5.6 ตัวเก็บประจุในวงจรปฐมภูมิ	- 26 -
1.5.7 ฉนวนคู่หรือฉนวนเสริมที่เชื่อมโยงกันโดยส่วนประกอบ	- 26 -
1.5.8 ส่วนประกอบต่างๆ ในบริษัทสำหรับระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า IT	- 27 -

	หน้า
1.6 การเชื่อมต่อกำลังไฟฟ้า	- 27 -
1.6.1 ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ	- 27 -
1.6.2 กระแสไฟฟ้าเข้า	- 27 -
1.6.3 ขีดจำกัดแรงดันไฟฟ้าของบริภัณฑ์มือถือ	- 28 -
1.6.4 ตัวนำเป็นกลาง	- 28 -
1.7 การทำเครื่องหมายและคำแนะนำ	- 28 -
1.7.1 พิกัดกำลังไฟฟ้า	- 29 -
1.7.2 ข้อแนะนำความปลอดภัย	- 30 -
1.7.3 วัฏจักรการทำงานระยะสั้น	- 31 -
1.7.4 การปรับตั้งแรงดันไฟฟ้าจ่าย	- 31 -
1.7.5 เตารับจ่ายกำลังบนบริภัณฑ์	- 31 -
1.7.6 การระบุฟิวส์	- 31 -
1.7.7 ขั้วต่อสาย	- 32 -
1.7.8 อุปกรณ์ควบคุมและตัวขับเคลื่อน	- 33 -
1.7.9 การแยกแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าหลายแหล่ง	- 33 -
1.7.10 ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า IT	- 33 -
1.7.11 เทอร์มอสแตตและอุปกรณ์คุมค่าอื่นๆ	- 34 -
1.7.12 ภาษา	- 34 -
1.7.13 ความคงทน	- 34 -
1.7.14 ส่วนที่ถอดได้	- 34 -
1.7.15 แบตเตอรี่ที่เปลี่ยนแทนได้	- 34 -
1.7.16 การเข้าถึงของผู้ใช้เครื่องด้วยเครื่องมือ	- 35 -
1.7.17 บริภัณฑ์สำหรับติดตั้งที่เข้มงวดในการเข้าถึง	- 35 -
2 การป้องกันจากอันตราย	- 36 -
2.1 การป้องกันช็อกไฟฟ้าและพลังงานอันตราย	- 36 -
2.1.1 การป้องกันในพื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึง	- 36 -
2.1.2 การป้องกันในพื้นที่ซึ่งผู้ซ่อมบำรุงเข้าถึง	- 42 -
2.1.3 การป้องกันในที่ตั้งที่เข้มงวดในการเข้าถึง	- 42 -
2.2 วงจร SELV	- 42 -
2.2.1 ข้อกำหนดทั่วไป	- 42 -
2.2.2 แรงดันไฟฟ้าภายใต้ภาวะปกติ	- 43 -
2.2.3 แรงดันไฟฟ้าภายใต้ภาวะผิดปกติ	- 43 -
2.2.4 การต่อวงจร SELV เข้ากับวงจรอื่น	- 44 -

	หน้า
2.3 วงจร TNV	- 44 -
2.3.1 ขีดจำกัด	- 44 -
2.3.2 การแยกออกจากวงจรอื่นและออกจากส่วนที่แตะต้องถึง	- 46 -
2.3.3 การแยกออกจากแรงดันไฟฟ้าอันตราย	- 47 -
2.3.4 การต่อของวงจร TNV เข้ากับวงจรอื่น	- 47 -
2.3.5 การทดสอบแรงดันไฟฟ้าทำงานที่กำเนิดขึ้นภายนอก	- 48 -
2.4 วงจรจำกัดกระแส	- 48 -
2.4.1 ข้อกำหนดทั่วไป	- 48 -
2.4.2 ค่าขีดจำกัด	- 49 -
2.4.3 การต่อวงจรจำกัดกระแสเข้ากับวงจรอื่น	- 49 -
2.5 แหล่งจ่ายจำกัดกำลัง	- 49 -
2.6 การต่อลงดินและการเชื่อมต่อ	- 51 -
2.6.1 การต่อลงดินป้องกัน	- 51 -
2.6.2 การต่อลงดินตามหน้าที่	- 52 -
2.6.3 ตัวนำต่อลงดินป้องกันและตัวนำเชื่อมต่อป้องกัน	- 52 -
2.6.4 ขั้วต่อ	- 55 -
2.6.5 ความสมบูรณ์ของการต่อลงดินป้องกัน	- 57 -
2.7 การป้องกันกระแสเกินและความผิดปกติของลงดินในวงจรปฐมภูมิ	- 58 -
2.7.1 ข้อกำหนดพื้นฐาน	- 58 -
2.7.2 ความผิดปกติที่ไม่ครอบคลุมในข้อ 5.3	- 58 -
2.7.3 การป้องกันการลัดวงจรสำรอง	- 58 -
2.7.4 จำนวนและตำแหน่งของอุปกรณ์ป้องกัน	- 59 -
2.7.5 การป้องกันโดยอุปกรณ์หลายอย่าง	- 60 -
2.7.6 การเตือนผู้ซ่อมบำรุง	- 60 -
2.8 อินเตอร์ล็อกนิรภัย	- 60 -
2.8.1 หลักการทั่วไป	- 60 -
2.8.2 ข้อกำหนดเกี่ยวกับการป้องกัน	- 61 -
2.8.3 การกระตุ้นซ้ำโดยบังเอิญ	- 61 -
2.8.4 การทำงานอย่างปลอดภัยเมื่อล้มเหลว (fail-safe operation)	- 61 -
2.8.5 ส่วนเคลื่อนที่	- 62 -
2.8.6 การยกเลิกการทำงาน	- 62 -
2.8.7 สวิตช์และรีเลย์	- 62 -
2.8.8 ตัวกระตุ้นทางกล	- 63 -

	หน้า
2.9 ฉนวนไฟฟ้า	- 63 -
2.9.1 สมบัติของวัสดุฉนวน	- 63 -
2.9.2 การทำภาวะขึ้น	- 64 -
2.9.3 ชั้นของฉนวน	- 64 -
2.10 ระยะห่างในอากาศ ระยะห่างตามผิวฉนวน และระยะห่างผ่านฉนวน	- 67 -
2.10.1 ทั่วไป	- 67 -
2.10.2 การหาแรงดันไฟฟ้าทำงาน	- 68 -
2.10.3 ระยะห่างในอากาศ	- 69 -
2.10.4 ระยะห่างตามผิวฉนวน	- 77 -
2.10.5 ฉนวนตัน	- 78 -
2.10.6 แผ่นวงจรพิมพ์เคลือบวัสดุ	- 81 -
2.10.7 ส่วนปิดหุ้มและฉนวน	- 84 -
2.10.8 ช่องว่างที่บรรจุด้วยสารประกอบฉนวน	- 85 -
2.10.9 ขั้วต่อภายนอกของชิ้นส่วน	- 86 -
2.10.10 ฉนวนที่มีมิติแปรผันได้	- 86 -
3 การเดินสาย การต่อ และแหล่งจ่าย	- 87 -
3.1 ทั่วไป	- 87 -
3.1.1 พิกัดกระแสไฟฟ้าและการป้องกันกระแสเกิน	- 87 -
3.1.2 การป้องกันความเสียหายทางกล	- 87 -
3.1.3 การติดตั้งสายภายใน	- 87 -
3.1.4 ฉนวนของตัวนำ	- 87 -
3.1.5 ลูกบิดและฉนวนเซรามิกส์	- 88 -
3.1.6 หมุดเกลียวสำหรับหน้าสัมผัสไฟฟ้าที่มีแรงกด	- 88 -
3.1.7 วัสดุฉนวนในการต่อทางไฟฟ้า	- 88 -
3.1.8 หมุดเกลียวทำเกลียวขณะขันเข้าและหมุดเกลียวเกลียวห่าง	- 89 -
3.1.9 ขั้วปลายของตัวนำ	- 89 -
3.1.10 ปลอกหุ้มสาย	- 90 -
3.2 การต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับหรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรง	- 90 -
3.2.1 วิธีการต่อ	- 90 -
3.2.2 การต่อเข้ากับแหล่งจ่ายหลายแหล่ง	- 91 -
3.2.3 บริภัณฑ์ต่ออย่างถาวร	- 91 -
3.2.4 เต้าเสียบเครื่องใช้	- 92 -
3.2.5 สายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้า	- 92 -
3.2.6 ที่จับยึดสายและอุปกรณ์ลดความเครียด	- 94 -
3.2.7 การป้องกันความเสียหายทางกล	- 95 -

	หน้า
3.2.8 อุปกรณ์ป้องกันสาย	- 95 -
3.2.9 ที่วางสำหรับสายป้อนกำลังไฟฟ้า	- 96 -
3.3 ขั้วต่อสายสำหรับการต่อตัวนำภายนอก	- 96 -
3.3.1 ขั้วต่อสาย	- 96 -
3.3.2 การต่อสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดไม่ได้	- 96 -
3.3.3 ขั้วต่อหมุดเกลียว	- 96 -
3.3.4 ขนาดของตัวนำที่ต่อ	- 97 -
3.3.5 ขนาดของขั้วต่อสาย	- 97 -
3.3.6 การออกแบบขั้วต่อสาย	- 98 -
3.3.7 การจัดกลุ่มของขั้วต่อสาย	- 98 -
3.3.8 สายตีเกลียว	- 99 -
3.4 การปลดวงจรจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธาน	- 99 -
3.4.1 ข้อกำหนดทั่วไป	- 99 -
3.4.2 อุปกรณ์ปลดวงจร	- 99 -
3.4.3 บริภัณฑ์ที่ต่ออย่างถาวร	- 100 -
3.4.4 ส่วนซึ่งยังคงได้รับพลังงานไฟฟ้า	- 100 -
3.4.5 สวิตช์ในสายอ่อน	- 100 -
3.4.6 บริภัณฑ์เฟสเดียวและบริภัณฑ์กระแสดร	- 100 -
3.4.7 บริภัณฑ์ 3 เฟส	- 100 -
3.4.8 สวิตช์ที่เป็นอุปกรณ์ปลดวงจร	- 101 -
3.4.9 เต้าเสียบที่เป็นอุปกรณ์ปลดวงจร	- 101 -
3.4.10 บริภัณฑ์ที่ต่อถึงกัน	- 101 -
3.4.11 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าหลายแหล่ง	- 101 -
3.5 การต่อระหว่างบริภัณฑ์	- 101 -
3.5.1 ข้อกำหนดทั่วไป	- 101 -
3.5.2 แบบของวงจรการต่อเข้าด้วยกัน	- 101 -
3.5.3 วงจร ELV ที่เป็นวงจรการต่อเข้าด้วยกัน	- 102 -
4 ข้อกำหนดทางฟิสิกส์	- 103 -
4.1 เสถียรภาพ	- 103 -
4.2 ความแข็งแรงทางกล	- 103 -
4.2.1 ทั่วไป	- 103 -
4.2.2 การทดสอบด้วยแรงคงที่ 10 นิวตัน	- 104 -
4.2.3 การทดสอบด้วยแรงคงที่ 30 นิวตัน	- 104 -
4.2.4 การทดสอบด้วยแรงคงที่ 250 นิวตัน	- 105 -
4.2.5 การทดสอบการตกกระทบ	- 105 -

	หน้า
4.2.6 การทดสอบการตกกระแทก	- 106 -
4.2.7 การทดสอบการปลดปล่อยความเค้น	- 106 -
4.2.8 หลอดรังสีแคโทด	- 107 -
4.2.9 หลอดความดันสูง	- 107 -
4.2.10 บริภัณฑ์ติดผนังหรือเพดาน	- 107 -
4.3 การออกแบบและการสร้าง	- 107 -
4.3.1 ขอบและมุม	- 107 -
4.3.2 ที่จับและอุปกรณ์ควบคุมด้วยมือ	- 107 -
4.3.3 อุปกรณ์ควบคุมปรับตั้งได้	- 108 -
4.3.4 การติดตั้งส่วนต่างๆ	- 108 -
4.3.5 การต่อของเต้าเสียบและเต้ารับ	- 108 -
4.3.6 บริภัณฑ์เสียบเข้าโดยตรง	- 108 -
4.3.7 ตัวทำความร้อนในบริภัณฑ์ที่ต่อลงดิน	- 109 -
4.3.8 แบตเตอรี่	- 109 -
4.3.9 น้ำมันและจาระบี	- 110 -
4.3.10 ฝุ่น ผง ของเหลว และก๊าซ	- 110 -
4.3.11 ภาชนะบรรจุของเหลวหรือก๊าซ	- 111 -
4.3.12 ของเหลวที่เกิดเปลวไฟได้	- 111 -
4.3.13 การแผ่รังสี	- 112 -
4.4 การป้องกันส่วนเคลื่อนที่ที่ทำให้เกิดอันตราย	- 115 -
4.4.1 ทั่วไป	- 115 -
4.4.2 การป้องกันในพื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึง	- 116 -
4.4.3 การป้องกันในที่ตั้งที่เข้มงวดในการเข้าถึง	- 116 -
4.4.4 การป้องกันในพื้นที่ซึ่งผู้ซ่อมบำรุงเข้าถึง	- 116 -
4.5 ข้อกำหนดทางความร้อน	- 117 -
4.5.1 อุณหภูมิสูงสุด	- 117 -
4.5.2 ความทนความร้อนผิดปกติ	- 119 -
4.6 ช่องเปิดในเปลือกหุ้ม	- 119 -
4.6.1 ช่องเปิดบนด้านบนและด้านข้าง	- 119 -
4.6.2 ด้านล่างของเปลือกหุ้มกันไฟ	- 123 -
4.6.3 ประตูหรือฝาครอบในเปลือกหุ้มกันไฟ	- 125 -
4.6.4 ช่องเปิดในบริภัณฑ์ขนย้ายได้	- 125 -
4.6.5 สารยึดติดใช้ในโครงสร้าง	- 126 -

	หน้า
4.7 ความทนไฟ	- 126 -
4.7.1 การลดความเสี่ยงของการติดไฟและการลุกลามของเปลวไฟ	- 127 -
4.7.2 เงื่อนไขการใช้เปลือกหุ้มกันไฟ	- 127 -
4.7.3 วัสดุ	- 128 -
5 ข้อกำหนดทางไฟฟ้าและภาวะผิดปกติจำลอง	- 136 -
5.1 กระแสไฟฟ้าสัมผัสและกระแสไฟฟ้าตัวนำป้องกัน	- 136 -
5.1.1 ทั่วไป	- 136 -
5.1.2 บริภัณฑ์ที่ทดสอบ (EUT)	- 136 -
5.1.3 วงจรทดสอบ	- 136 -
5.1.4 การใช้เครื่องวัด	- 138 -
5.1.5 วิธีทดสอบ	- 139 -
5.1.6 การวัด	- 139 -
5.1.7 บริภัณฑ์ที่มีกระแสไฟฟ้าสัมผัสเกิน 3.5 มิลลิแอมแปร์	- 140 -
5.1.8 กระแสไฟฟ้าสัมผัสเข้าสู่โครงข่ายโทรคมนาคมและระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล และออกจากโครงข่ายโทรคมนาคม	- 141 -
5.2 ความทนทานไฟฟ้า	- 143 -
5.2.1 ทั่วไป	- 143 -
5.2.2 วิธีทดสอบ	- 143 -
5.3 ภาวะการทำงานผิดปกติและภาวะผิดปร้อง	- 147 -
5.3.1 การป้องกันการทำงานโหลดเกินและผิดปกติ	- 147 -
5.3.2 มอเตอร์	- 147 -
5.3.3 หม้อแปลง	- 147 -
5.3.4 ฉนวนตามหน้าที่	- 148 -
5.3.5 ส่วนประกอบทางกลไฟฟ้า	- 148 -
5.3.6 การจำลองภาวะผิดปร้อง	- 148 -
5.3.7 บริภัณฑ์ซึ่งไม่ต้องอยู่เฝ้า	- 149 -
5.3.8 เกณฑ์การเป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับภาวะการทำงานผิดปกติและภาวะผิดปร้อง	- 150 -
6 การต่อเข้ากับโครงข่ายโทรคมนาคม	- 151 -
6.1 การป้องกันผู้ซ่อมบำรุงโครงข่ายโทรคมนาคม และผู้ใช้บริภัณฑ์อื่นซึ่งต่ออยู่กับโครงข่ายจากอันตรายต่างๆ ในบริภัณฑ์	- 151 -
6.1.1 การป้องกันแรงดันไฟฟ้าอันตราย	- 151 -
6.1.2 การแยกโครงข่ายโทรคมนาคมออกจากดิน	- 151 -

	หน้า
6.2 การป้องกันผู้ใช้บริการจากแรงดันไฟฟ้าเกินบนโครงข่ายโทรคมนาคม	- 152 -
6.2.1 ข้อกำหนดการแยก	- 152 -
6.2.2 วิธีทดสอบความทนทานไฟฟ้า	- 153 -
6.3 การป้องกันระบบสายโทรคมนาคมจากการรบกวน	- 155 -
7 การต่อระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล	- 156 -
7.1 การป้องกันผู้ซ่อมบำรุงระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล และผู้ใช้บริการอื่น ที่ต่อเข้ากับระบบ จากแรงดันไฟฟ้าอันตรายในบริเวณ	- 156 -
7.2 การป้องกันผู้ใช้บริการจากแรงดันไฟฟ้าเกินในระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล	- 156 -
7.3 ฉนวนระหว่างวงจรปฐมภูมิกับระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล	- 157 -
7.3.1 ทั่วไป	- 157 -
7.3.2 การทดสอบแรงดันเสิร์จ	- 157 -
7.3.3 การทดสอบอิมพัลส์	- 158 -
ภาคผนวก ก. การทดสอบความทนความร้อนและไฟ	- 159 -
ก.1 การทดสอบสภาพการเกิดเปลวไฟได้สำหรับเปลือกหุ้มกันไฟของบริษัทที่เคลื่อนย้ายได้ ที่มีมวลรวมมากกว่า 18 กิโลกรัม และบริษัทประจำที่ (ดูข้อ 4.7.3.2)	- 159 -
ก.2 การทดสอบสภาพการเกิดเปลวไฟได้สำหรับเปลือกหุ้มกันไฟของบริษัทที่เคลื่อนย้ายได้ ที่มีมวลไม่มากกว่า 18 กิโลกรัม และสำหรับวัสดุและส่วนประกอบที่ตั้งอยู่ภายใน เปลือกหุ้มกันไฟ (ดูข้อ 4.7.3.2 และข้อ 4.7.3.4)	- 160 -
ก.3 การทดสอบด้วยน้ำมันร้อนที่ลุกเป็นเปลวไฟ (ดูข้อ 4.6.2)	- 161 -
ภาคผนวก ข. การทดสอบมอเตอร์ภายใต้ภาวะผิดปกติ	- 162 -
ข.1 ข้อกำหนดทั่วไป	- 162 -
ข.2 ภาวะการทดสอบ	- 162 -
ข.3 อุณหภูมิสูงสุด	- 162 -
ข.4 การทดสอบโหลดเกินขณะหมุน	- 164 -
ข.5 การทดสอบโหลดเกินขณะล็อกตัวหมุน	- 164 -
ข.6 การทดสอบโหลดเกินขณะหมุนสำหรับมอเตอร์กระแสตรงในวงจรทุติยภูมิ	- 165 -
ข.7 การทดสอบโหลดเกินขณะล็อกตัวหมุนสำหรับมอเตอร์กระแสตรงในวงจรทุติยภูมิ	- 165 -
ข.8 การทดสอบสำหรับมอเตอร์ที่มีตัวเก็บประจุ	- 166 -
ข.9 การทดสอบสำหรับมอเตอร์สามเฟส	- 166 -
ข.10 การทดสอบสำหรับมอเตอร์อนุกรม	- 166 -
ภาคผนวก ค. หม้อแปลง	- 167 -
ค.1 การทดสอบโหลดเกิน	- 167 -
ค.2 ฉนวน	- 168 -

	หน้า
ภาคผนวก ง. เครื่องวัดสำหรับการทดสอบกระแสไฟฟ้าสัมผัส	- 170 -
ง.1 เครื่องวัด	- 170 -
ง.2 เครื่องวัดทางเลือก	- 171 -
ภาคผนวก จ. อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของขดลวด	- 172 -
ภาคผนวก ฉ. การวัดระยะห่างในอากาศและระยะห่างตามผิวฉนวน	- 173 -
ภาคผนวก ช. วิธีทางเลือกสำหรับการหาระยะห่างในอากาศต่ำสุด	- 180 -
ช.1 สรุปรูปขั้นตอนการหาระยะห่างในอากาศต่ำสุด	- 180 -
ช.2 การหาค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธาน	- 180 -
ช.3 การหาค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวในโครงข่ายโทรคมนาคม	- 181 -
ช.4 การหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ทนได้ที่กำหนด	- 182 -
ช.5 การวัดระดับค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วคราว	- 183 -
ช.6 การหาค่าระยะห่างในอากาศต่ำสุด	- 184 -
ภาคผนวก ซ. การแผ่พลังงานสร้างไอออน	- 187 -
ภาคผนวก ฌ. ตารางแสดงศักย์เคมีไฟฟ้า	- 188 -
ภาคผนวก ญ. อุปกรณ์ควบคุมความร้อน	- 189 -
ญ.1 ความสามารถในการตัดและต่อวงจร	- 189 -
ญ.2 ความเชื่อถือได้ของเทอร์มอสแตต	- 189 -
ญ.3 การทดสอบความทนทานของเทอร์มอสแตต	- 189 -
ญ.4 การทดสอบความทนทานของตัวจำกัดอุณหภูมิ	- 189 -
ญ.5 ความเชื่อถือได้ของคัตเอาต์ความร้อน	- 190 -
ญ.6 เสถียรภาพในการทำงาน	- 190 -
ภาคผนวก ฎ. ภาวะโหลดปกติสำหรับบริษัทไฟฟ้าทางธุรกิจบางประเภท	- 191 -
ฎ.1 เครื่องพิมพ์ดีด	- 191 -
ฎ.2 เครื่องบวกเลขและเครื่องบันทึกเงินสด	- 191 -
ฎ.3 เครื่องลบข้อมูล	- 191 -
ฎ.4 เครื่องเหลาดินสอ	- 191 -
ฎ.5 เครื่องอัดสำเนาและเครื่องถ่ายเอกสาร	- 191 -
ฎ.6 เครื่องเก็บแฟ้มด้วยมอเตอร์	- 192 -
ฎ.7 บริษัททางธุรกิจอื่นๆ	- 192 -
ภาคผนวก ฏ. เกณฑ์สำหรับสัญญาณเรียกโทรศัพท์	- 193 -
ฏ.1 บทนำ	- 193 -
ฏ.2 วิธี A	- 193 -
ฏ.3 วิธี B	- 196 -

	หน้า
ภาคผนวก ท. เครื่องกำเนิดอิมพัลส์สำหรับการทดสอบ	- 198 -
ท.1 เครื่องกำเนิดอิมพัลส์ตาม ITU-T	- 198 -
ท.2 เครื่องกำเนิดอิมพัลส์ตาม IEC 60065	- 199 -
ภาคผนวก ฉ. เอกสารอ้างอิง	- 200 -
ภาคผนวก ฉ. บรรณานุกรม	- 203 -
ภาคผนวก ด. ตัวอย่างข้อกำหนดสำหรับกำหนดการควบคุมคุณภาพ	- 204 -
ด.1 ระยะแยกต่ำสุดสำหรับแผ่นวงจรพิมพ์เคลือบจำนวนไม่มาก (unpopulated) (ดูข้อ 2.10.6)	- 204 -
ด.2 ระยะห่างในอากาศที่ลดลงได้ (ดูข้อ 2.10.3)	- 205 -
ภาคผนวก ด. การดำเนินการทดสอบอิมพัลส์	- 207 -
ด.1 เครื่องมือทดสอบ	- 207 -
ด.2 วิธีทดสอบ	- 207 -
ด.3 ตัวอย่างของรูปคลื่นในระหว่างการทดสอบอิมพัลส์	- 207 -
ภาคผนวก ฉ. แนวทางเกี่ยวกับการป้องกันน้ำเข้า	- 209 -
ภาคผนวก ท. เส้นลวดหุ้มฉนวนของขดลวดสำหรับใช้โดยไม่ต้องมีฉนวนกัน	- 211 -
ท.1 โครงสร้างของเส้นลวด	- 211 -
ท.2 การทดสอบเฉพาะแบบ	- 211 -
ท.3 การทดสอบระหว่างการทำ	- 213 -
ภาคผนวก ฉ. ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ	- 214 -
ฉ.1 บทนำ	- 214 -
ฉ.2 ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า TN	- 215 -
ฉ.3 ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า TT	- 218 -
ฉ.4 ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า IT	- 219 -
ภาคผนวก น. ผลรวมของกระแสไฟฟ้าสัมผัส	- 221 -
น.1 กระแสไฟฟ้าสัมผัสจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์	- 221 -
น.2 การต่อระหว่างบริเวณที่หลายเครื่อง	- 222 -
ภาคผนวก บ. ผลทางความร้อนสูงสุดในการทดสอบหม้อแปลง	- 224 -
บ.1 การหากระแสไฟฟ้าเข้าสูงสุด	- 224 -
บ.2 วิธีทดสอบโหลดเกิน	- 225 -
ภาคผนวก ป. การทดสอบภายใต้แสงรังสีอัลตราไวโอเล็ต	- 226 -
ป.1 เครื่องมือทดสอบ	- 226 -
ป.2 การติดตั้งตัวอย่างทดสอบ	- 226 -
ป.3 เครื่องฉายรังสีคาร์บอนอาร์ก	- 226 -
ป.4 เครื่องฉายรังสีซินอนอาร์ก	- 226 -



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 3468 (พ.ศ. 2549)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

บริษัทเทคโนโลยีสารสนเทศ เฉพาะด้านความปลอดภัย

และกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

บริษัทเทคโนโลยีสารสนเทศ เฉพาะด้านความปลอดภัย : ข้อกำหนดทั่วไป

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บริษัทเทคโนโลยีสารสนเทศ เฉพาะด้านความปลอดภัย มาตรฐานเลขที่ มอก. 1561-2541

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2465 (พ.ศ. 2542) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บริษัทเทคโนโลยีสารสนเทศ เฉพาะด้านความปลอดภัย ลงวันที่ 30 กรกฎาคม 2542 และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บริษัทเทคโนโลยีสารสนเทศ เฉพาะด้านความปลอดภัย : ข้อกำหนดทั่วไป มาตรฐานเลขที่ มอก. 1561-2548 ขึ้นใหม่ ดังมีรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลเมื่อพ้นกำหนด 180 วัน นับแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2549

สุริยะ จึงรุ่งเรืองกิจ

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

บทนำ

0 หลักการของความปลอดภัย

หลักการต่อไปนี้ไม่ครอบคลุมสมรรถนะหรือลักษณะเฉพาะตามหน้าที่ของผลิตภัณฑ์

0.1 หลักการทั่วไป

ผู้ออกแบบจำเป็นต้องเข้าใจหลักการที่สำคัญของข้อกำหนดด้านความปลอดภัยเพื่อให้สามารถออกแบบสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัย

หลักการเหล่านี้มีได้เป็นทางเลือกสำหรับรายละเอียดข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ แต่มีเจตนาให้ผู้ออกแบบเข้าใจถึงหลักการพื้นฐานของข้อกำหนดเหล่านั้น ในกรณีที่ผลิตภัณฑ์เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีและวัสดุหรือวิธีการสร้างที่ไม่ได้ครอบคลุมโดยเฉพาะ การออกแบบผลิตภัณฑ์ควรจัดให้มีระดับของความปลอดภัยไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ในหลักการของความปลอดภัยนี้

ผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงไม่เฉพาะแต่ภาวะการทำงานปกติของผลิตภัณฑ์ แต่ต้องคำนึงถึงภาวะผิดปกติที่อาจเกิดขึ้น ผลสืบเนื่องของความบกพร่องที่ตามมา การใช้งานผิดที่คาดหมายล่วงหน้าได้ และอิทธิพลภายนอก เช่น อุณหภูมิ ระดับความสูง มลภาวะ ความชื้น แรงดันไฟฟ้าเกินบนแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าประธาน และแรงดันไฟฟ้าเกินบนโครงข่ายโทรคมนาคมหรือระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล

ควรจัดลำดับความสำคัญต่อไปนี้ในการพิจารณาหามาตรการในการออกแบบ

- ในกรณีที่เป็นไปได้ ให้ระบุเกณฑ์การออกแบบที่กำจัด ลด หรือป้องกัน อันตราย
- หากกรณีข้างต้นเป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติเนื่องจากการทำงานของผลิตภัณฑ์จะด้อยลง ให้ระบุการใช้วิธีการป้องกันที่ไม่ขึ้นกับผลิตภัณฑ์ เช่น ผลิตภัณฑ์ป้องกันส่วนบุคคล (ซึ่งไม่ได้ระบุไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้)
- หากทั้ง 2 กรณีข้างต้นเป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติ หรือเป็นการเพิ่มเติมมาตรการข้างต้น ให้ระบุในการทำเครื่องหมายและข้อแนะนำเกี่ยวกับความเสี่ยงที่มีอยู่

จำเป็นต้องพิจารณาถึงความปลอดภัยของบุคคล 2 ประเภท คือ ผู้ใช้หรือผู้ใช้เครื่อง (user or operator) และผู้ซ่อมบำรุง (service personnel)

“ผู้ใช้” เป็นคำที่ใช้กับทุกคนยกเว้นผู้ซ่อมบำรุง ข้อกำหนดสำหรับการป้องกันควรสมมุติว่าผู้ใช้ไม่ได้รับการฝึกอบรมให้ระบุนอันตราย แต่เป็นผู้ที่ไม่ได้กระทำการอย่างจงใจเพื่อให้เกิดอันตราย ดังนั้นข้อกำหนดจะจัดเตรียมการป้องกันสำหรับผู้ทำความสะอาดและผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ เช่นเดียวกับผู้ใช้ที่ได้รับมอบหมาย โดยทั่วไปผู้ใช้ไม่ควรเข้าถึงส่วนที่มีอันตราย ดังนั้นส่วนดังกล่าวควรอยู่ในพื้นที่ซึ่งผู้ซ่อมบำรุงเข้าถึงหรือในบริษัทที่วางอยู่ในที่ตั้งที่เข้มงวดในการเข้าถึง

ถ้ายอมให้ผู้ใช้เข้าถึงส่วนนี้ได้ ต้องให้ผู้ใช้ได้รับการแนะนำที่เหมาะสม

“ผู้ซ่อมบำรุง” เป็นผู้ที่คาดหวังว่าจะใช้ความรู้และความชำนาญเพื่อหลีกเลี่ยงการบาดเจ็บที่อาจเกิดกับตัวเองและผู้อื่นเนื่องจากอันตรายที่ชัดเจนซึ่งมีอยู่ในพื้นที่ซึ่งผู้ซ่อมบำรุงเข้าถึงของบริษัทหรือในบริษัทที่วางอยู่ในที่ตั้งที่เข้มงวดในการเข้าถึง อย่างไรก็ตามผู้ซ่อมบำรุงควรได้รับการป้องกันต่ออันตรายที่คาดไม่ถึงซึ่งอาจทำได้ ตัวอย่างเช่น โดยการติดตั้งส่วนที่จำเป็นต้องเข้าถึงเพื่อซ่อมบำรุงให้ห่างจากอันตรายทางไฟฟ้าและทางกล โดยจัดให้มีการหุ้ม

เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดอุบัติเหตุสัมผัสกับส่วนที่มีอันตราย และโดยจัดให้มีฉลากหรือข้อแนะนำเพื่อเตือนถึงความเสี่ยงใดๆ ที่มีอยู่

ข้อมูลเกี่ยวกับอันตรายที่อาจเกิดขึ้นสามารถทำเป็นเครื่องหมายไว้บนผลิตภัณฑ์หรือจัดเตรียมให้มาพร้อมกับผลิตภัณฑ์ ขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นหรือความรุนแรงของการบาดเจ็บ หรือจัดเตรียมไว้ให้ผู้ซ่อมบำรุง โดยทั่วไปผู้ใช้ต้องไม่อยู่ในสถานการณ์อันตรายที่อาจทำให้เกิดการบาดเจ็บ และต้องมีข้อมูลให้ผู้ใช้เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้งานผิดวัตถุประสงค์และสถานการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอันตราย เช่น การต่อเข้ากับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าผิด และการเปลี่ยนฟิวส์ผิดประเภท

บริษัทเคลื่อนย้ายได้ถือว่ามีความเสี่ยงของช็อกไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากความเครียดที่เพิ่มขึ้นที่เป็นไปได้บนสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้า ซึ่งอาจทำให้สายตัวนำลงดินขาด ในกรณีของบริษัทที่มีถือ ความเสี่ยงนี้จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากความสึกหรอของสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้า และอันตรายอาจสูงขึ้นถ้าทำบริษัทตก บริษัทขนย้ายได้จะมีองค์ประกอบอื่นเพิ่มเข้ามาเพราะบริษัทอาจถูกใช้และขนส่งในลักษณะใดๆ ก็ได้ ถ้ามีโลหะชิ้นเล็กๆ เข้าไปในช่องเปิดของเปลือกหุ้ม โลหะนั้นสามารถเคลื่อนไปทั่วภายในบริษัท ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายได้

0.2 อันตราย

การนำมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไปใช้มีเจตนาเพื่อลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บหรือความเสียหายเนื่องจากสิ่งต่อไปนี้

- ช็อกไฟฟ้า
- อันตรายที่สัมพันธ์กับพลังงาน
- ไฟ
- อันตรายที่สัมพันธ์กับความร้อน
- อันตรายทางกล
- การแผ่รังสี
- อันตรายทางเคมี

0.2.1 ช็อกไฟฟ้า

ช็อกไฟฟ้าเกิดขึ้นเนื่องจากมีกระแสไฟฟ้าผ่านร่างกายมนุษย์ ผลที่เกิดขึ้นอยู่กับขนาดและระยะเวลาการไหลของกระแสไฟฟ้าและเส้นทางที่ผ่านร่างกาย ค่าของกระแสไฟฟ้าขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อน อิมพีแดนซ์ของแหล่งจ่ายและอิมพีแดนซ์ของร่างกาย อิมพีแดนซ์ของร่างกายขึ้นอยู่กับพื้นที่ของการสัมผัส ความชื้นในพื้นที่ของการสัมผัส แรงดันไฟฟ้าและความถี่ที่ป้อน กระแสไฟฟ้าขนาดประมาณครึ่งมิลลิแอมป์สามารถทำให้มีปฏิกิริยาในคนสุขภาพดีและอาจทำให้เกิดการบาดเจ็บทางอ้อมเนื่องจากปฏิกิริยาโต้ตอบ กระแสไฟฟ้าที่สูงกว่าสามารถมีผลโดยตรงที่มากกว่า เช่น เกิดรอยไหม้ กล้ามเนื้อเกร็งกระตุก หรือหัวใจหยุดเต้น

แรงดันไฟฟ้าภาวะคงตัวขนาดไม่เกิน 42.4 โวลต์ค่ายอด หรือ 60 โวลต์กระแสตรง โดยทั่วไปไม่ถือว่าเป็นอันตรายภายใต้ภาวะแห้งสำหรับพื้นที่สัมผัสเท่ากับมือคน ส่วนเปลือยซึ่งต้องสัมผัสหรือจับควรมีศักย์เท่ากับดินหรือหุ้มฉนวนอย่างเหมาะสม

บริษัทบางประเภทจะต่อเข้ากับโครงข่ายโทรศัพท์และโครงข่ายภายนอกอื่น โครงข่ายโทรคมนาคมบางโครงข่ายทำงานด้วยสัญญาณต่างๆ เช่น สัญญาณเสียงพูดและสัญญาณเรียก (ringing) ซ่อนทับบนแรงดันไฟฟ้ากระแส

ตรงภาวะคงตัว ผลรวมของแรงดันไฟฟ้าอาจมีค่าเกินแรงดันไฟฟ้าภาวะคงตัวที่กล่าวถึงข้างต้น โดยปกติ การปฏิบัติงานของผู้ซ่อมบำรุงของบริษัทโทรศัพท์จะหยิบจับส่วนของวงจรดังกล่าวด้วยมือเปล่า เหตุการณ์นี้ไม่ทำให้เกิดการบาดเจ็บสาหัส เพราะสัญญาณเรียกเป็นจังหวะและเพราะมีพื้นที่จำกัดที่จะสัมผัสกับตัวนำเปลือยซึ่งปกติต้องจับโดยผู้ซ่อมบำรุง อย่างไรก็ตามควรจำกัดพื้นที่ที่สัมผัสของส่วนที่ผู้ใช้จะต้องถึงและส่วนที่น่าจะถูกสัมผัส (เช่น โดยรูปร่างและที่ตั้งของส่วนนั้น ๆ)

โดยปกติมีการจัดเตรียมการป้องกัน 2 ระดับสำหรับผู้ใช้เพื่อป้องกันช็อกไฟฟ้า ดังนั้นการทำงานของบริษัทภายใต้ภาวะปกติและหลังความผิดพลาดโดยรวมทั้งความผิดพลาดใดๆ ที่ตามมา ไม่ควรสร้างอันตรายจากช็อกไฟฟ้าขึ้น อย่างไรก็ตามข้อกำหนดเกี่ยวกับมาตรการป้องกันเพิ่มเติม เช่น การต่อลงดินป้องกัน หรือการฉนวนเพิ่มเติม ไม่ถือว่าเป็นสิ่งทดแทนสำหรับ (หรือการผ่อนคลายจาก) การออกแบบฉนวนมูลฐานที่เหมาะสม

อันตรายอาจเป็นผลจาก :

การสัมผัสกับส่วนเปลือยซึ่งตามปกติมีแรงดันไฟฟ้าอันตราย

การเสียดสีฉนวนฉนวนของฉนวนระหว่างส่วนซึ่งตามปกติมีแรงดันไฟฟ้าอันตราย กับส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึง

การสัมผัสกับวงจรที่ต่อเข้ากับโครงข่ายโทรคมนาคม ซึ่งเกิน 42.4 โวลต์ค่ายอด หรือ 60 โวลต์กระแสตรง

การเสียดสีฉนวนฉนวนของฉนวนซึ่งผู้ใช้จะต้องถึง

กระแสไฟฟ้าสัมผัส (กระแสไฟฟ้ารั่ว) ที่ไหลจากส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายไปยังส่วนที่แตะต้องถึงหรือเนื่องจากความล้มเหลวของการต่อลงดินป้องกัน
กระแสไฟฟ้าสัมผัสอาจรวมถึงกระแสไฟฟ้าเนื่องจากชิ้นส่วนกรงสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ระหว่างวงจรปฐมภูมิกับส่วนที่แตะต้องถึง

ตัวอย่างของมาตรการที่ลดความเสี่ยง :

ป้องกันผู้ใช้เข้าถึงส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายโดยฝาครอบที่ล็อกหรือติดกับที่ อินเทอร์เน็ตกั้นรั้ว ฯลฯ
ค้ายประจุตัวเก็บประจุที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายที่แตะต้องถึง

จัดให้มีฉนวนมูลฐานและต่อส่วนนำไฟฟ้าและวงจรที่แตะต้องถึงลงดิน ในลักษณะที่แรงดันไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นถูกจำกัดเนื่องจากการป้องกันกระแสเกินของวงจรจะปลดส่วนที่มีความผิดพลาดอิมพีแดนซ์ต่ำภายในเวลาที่กำหนด หรือจัดให้มีที่กั้นโลหะที่ต่อลงดินคั่นระหว่างส่วนเหล่านั้น หรือใช้ฉนวนคู่หรือฉนวนเสริมระหว่างส่วนเหล่านั้นในลักษณะที่การเสียดสีฉนวนฉนวนกับส่วนที่แตะต้องถึงมักไม่เกิดขึ้น

จำกัดสภาพเข้าถึงได้และพื้นที่สัมผัสของวงจรดังกล่าวและแยกวงจรดังกล่าวออกจากส่วนที่ไม่ต่อลงดินที่เข้าถึงได้อย่างไม่จำกัด

ฉนวนซึ่งผู้ใช้จะต้องถึงควรมีความแข็งแรงทางกลและทางไฟฟ้าเพียงพอที่จะลดอันตรายจากความเป็นไปได้ของการสัมผัสกับแรงดันไฟฟ้าอันตราย

จำกัดกระแสไฟฟ้าสัมผัสให้อยู่ที่ค่ากำหนด หรือจัดให้มีการต่อลงดินป้องกันที่มีความมั่นคงสูง

0.2.2 อันตรายที่สัมพันธ์กับพลังงาน

การบาดเจ็บหรือไฟไหม้อาจเป็นผลจากการลัดวงจรระหว่างขั้วที่ใกล้กันของอุปกรณ์จ่ายกระแสไฟฟ้าค่าสูงหรือวงจรความจุไฟฟ้าสูง ที่ทำให้เกิด

- รอยไหม้
- การอาร์ก
- การฟั่นโหละหลอมละลาย

แม้วงจรซึ่งมีแรงดันไฟฟ้าที่สัมผัสได้อย่างปลอดภัยก็อาจเป็นอันตรายได้ในกรณีนี้

ตัวอย่างของมาตรการที่ลดความเสี่ยงดังกล่าวรวมถึง

- การแยก
- การหุ้ม
- การจัดให้มีอินเตอร์ล็อกกิ้ง

0.2.3 ไฟ

ความเสี่ยงของไฟไหม้อาจเป็นผลจากอุณหภูมิที่สูงเกินภายใต้ภาวะการทำงานปกติหรือเนื่องจากโหลดเกิน ความล้มเหลวของชิ้นส่วน การเสียดสีของฉนวนหรือการฉนวน หรือจุดต่อที่หลวม ไฟที่เกิดขึ้นภายในบริษัทที่ไม่ควรลุกลามพันบริเวณที่อยู่ติดกับแหล่งกำเนิดไฟหรือทำให้เกิดความเสียหายกับสิ่งที่อยู่รอบข้างบริษัท

ตัวอย่างของมาตรการที่ลดความเสี่ยงดังกล่าวรวมถึง

- การจัดให้มีการป้องกันกระแสเกิน
- การใช้วัสดุในการสร้างที่มีสมบัติสภาพการเกิดเปลวไฟได้ที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การใช้งาน
- การเลือกชิ้นส่วน ส่วนประกอบ และวัสดุสิ้นเปลือง เพื่อหลีกเลี่ยงอุณหภูมิสูงที่อาจทำให้เกิดการติดไฟ
- การจำกัดปริมาณการใช้วัสดุที่เผาไหม้ได้
- การหุ้มหรือแยกวัสดุที่เผาไหม้ได้จากแหล่งที่อาจติดไฟได้
- การใช้เปลือกหุ้มหรือตัวกัน เพื่อจำกัดการลุกลามของไฟภายในบริษัท
- การใช้วัสดุที่เหมาะสมทำเปลือกหุ้มเพื่อลดการลุกลามของไฟที่อาจเกิดขึ้นจากบริษัท

0.2.4 อันตรายที่สัมพันธ์กับความร้อน

การบาดเจ็บอาจเป็นผลจากอุณหภูมิสูงภายใต้ภาวะการทำงานปกติ ที่ทำให้เกิด

- รอยไหม้เนื่องจากสัมผัสกับส่วนร้อนที่แตะต้องถึง
- การเสื่อมคุณภาพของฉนวนและของชิ้นส่วนที่มีความสำคัญต่อความปลอดภัย
- การติดไฟของของเหลวที่เกิดเปลวไฟได้

ตัวอย่างของมาตรการที่ลดความเสี่ยงดังกล่าว รวมถึง

- มีขั้นตอนเพื่อหลีกเลี่ยงอุณหภูมิสูงของส่วนที่แตะต้องถึง
- การหลีกเลี่ยงอุณหภูมิที่สูงกว่าจุดติดไฟของของเหลว
- การจัดให้มีเครื่องหมายเพื่อเตือนผู้ใช้ในกรณีที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการเข้าถึงส่วนที่ร้อน

0.2.5 อันตรายทางกล

การบาดเจ็บอาจเป็นผลจาก

- ขอบและมุมแหลมคม
- ส่วนเคลื่อนที่ได้ซึ่งอาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บ
- ความไม่มีเสถียรภาพของบริภัณฑ์
- ส่วนที่กระเด็นจากการยุบตัวทันทีของหลอดรังสีแคโทดและการระเบิดของหลอดความดันสูง

ตัวอย่างของมาตรการที่ลดความเสี่ยงดังกล่าว รวมถึง

- การลบขอบและมุมแหลมคม
- การป้องกัน
- การจัดให้มีอินเตอร์ล็อกนิรภัย
- การจัดให้มีเสถียรภาพที่เพียงพอสำหรับบริภัณฑ์ตั้งอิสระ
- การเลือกหลอดรังสีแคโทดและหลอดความดันสูงที่ทนต่อการยุบตัวทันทีและการระเบิดตามลำดับ
- การจัดให้มีเครื่องหมายเพื่อเตือนผู้ใช้ในกรณีที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการเข้าถึงได้

0.2.6 การแผ่รังสี

การบาดเจ็บต่อผู้ใช้และผู้ซ่อมบำรุงอาจเป็นผลจากการแผ่รังสีบางประเภทที่ปล่อยออกมาจากบริภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น เสียง คลื่นความถี่วิทยุ รังสีอินฟราเรด รังสีอัลตราไวโอเล็ต การแผ่รังสีที่ทำให้เกิดไอออน และแสงที่มองเห็นและเป็นแสงอาพันธ์ (coherent light) ที่มีความเข้มสูง (เลเซอร์)

ตัวอย่างของมาตรการที่ลดความเสี่ยงดังกล่าว รวมถึง

- การจำกัดระดับพลังงานของแหล่งที่ทำให้เกิดการแผ่รังสี
- การใช้ที่กั้นแหล่งกำเนิดการแผ่รังสี
- การจัดให้มีอินเตอร์ล็อกนิรภัย
- การจัดให้มีเครื่องหมายเพื่อเตือนผู้ใช้ในกรณีที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงอันตรายจากการแผ่รังสีได้

0.2.7 อันตรายทางเคมี

อันตรายอาจเป็นผลจากการสัมผัสกับสารเคมีบางอย่างหรือการสูดดมไอและละออง

ตัวอย่างของมาตรการที่ลดความเสี่ยงดังกล่าว รวมถึง

- การหลีกเลี่ยงการใช้วัสดุที่ใช้ในการสร้างและวัสดุสิ้นเปลืองที่อาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บโดยการสัมผัสหรือการสูดดมไอและละอองของสารเคมีในระหว่างภาวะการใช้งานปกติที่เจตนา
- การหลีกเลี่ยงภาวะที่อาจก่อให้เกิดการรั่วหรือการระเหย
- การจัดให้มีเครื่องหมายเพื่อเตือนผู้ใช้เกี่ยวกับอันตราย

0.3 วัสดุและส่วนประกอบ

ควรเลือกและจัดวางวัสดุและส่วนประกอบที่ใช้ในการสร้างบริภัณฑ์ในลักษณะที่สามารถคาดหวังให้ใช้งานอย่างเชื่อถือได้ตลอดอายุการใช้งานที่คาดการณ์ไว้ของบริภัณฑ์โดยไม่ก่อให้เกิดอันตราย และในลักษณะที่วัสดุจะไม่ช่วยเสริมให้เกิดอันตรายจากไฟที่รุนแรง ควรเลือกส่วนประกอบในลักษณะที่ยังคงรักษาค่าพิกัดของผู้ทำไว้ได้ภายใต้ภาวะการทำงานปกติ และไม่ก่อให้เกิดอันตรายในภาวะผิดปกติ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

บริษัทเทคโนโลยีสารสนเทศ เฉพาะด้านความปลอดภัย :

ข้อกำหนดทั่วไป

1. ทั่วไป

1.1 ขอบข่าย

1.1.1 บริษัทที่ครอบคลุมโดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ใช้กับบริษัทเทคโนโลยีสารสนเทศรวมถึงบริษัทไฟฟ้าทางธุรกิจ และบริษัทที่เกี่ยวข้อง ที่ใช้กำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟประธาน หรือใช้กำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 600 โวลต์

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ใช้กับบริษัทเทคโนโลยีสารสนเทศที่

- ออกแบบเพื่อให้ใช้เป็นบริษัทโทรคมนาคมปลายทางและบริษัทพื้นฐานในโครงข่ายโทรคมนาคม โดยไม่คำนึงถึงแหล่งพลังงาน
- ออกแบบและเจตนาให้ต่อโดยตรงหรือใช้เป็นบริษัทพื้นฐานในระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล โดยไม่คำนึงถึงแหล่งพลังงาน
- ออกแบบให้ใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าประธานกระแสสลับในการเป็นตัวกลางส่งผ่านการสื่อสาร (ดูหมายเหตุ 4. ในข้อ 6. และหมายเหตุ 3. ในข้อ 7.)

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดข้อกำหนดเพื่อลดความเสี่ยงจากไฟ ช็อกไฟฟ้า หรือการบาดเจ็บของผู้ใช้เครื่องและบุคคลทั่วไปที่อาจเข้ามาสัมผัสกับบริษัทและผู้ซ่อมบำรุง (ในกรณีที่ระบุไว้เป็นการเฉพาะ)

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้มีเจตนาเพื่อลดความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับบริษัทที่ติดตั้งด้วยระบบซึ่งมีหลายหน่วยต่อเข้าด้วยกันหรือเป็นหน่วยอิสระ ขึ้นอยู่กับการติดตั้ง การใช้งาน และการบำรุงรักษา บริษัทตามที่ผู้ทำกำหนด

ตัวอย่างบริษัทที่อยู่ในขอบข่ายของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

กลุ่มผลิตภัณฑ์	ตัวอย่าง
บริษัทการธนาคาร	เครื่องประมวลผลด้านการเงินรวมทั้งเครื่องฝากถอนเงินอัตโนมัติ (ATM)
เครื่องประมวลผลข้อมูลและข้อความ และบริษัทที่เกี่ยวข้อง	บริษัทเตรียมข้อมูล บริษัทประมวลผลข้อมูล บริษัทจัดเก็บข้อมูล คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล พล็อตเตอร์ (plotter) เครื่องพิมพ์ เครื่องกราดภาพ (scanner) บริษัทประมวลผลข้อความ (text proceeding equipment) หน่วยแสดงผลภาพ
บริษัทเครือข่ายข้อมูล	บริดจ์ (bridge) บริษัทต่อสุดทางของวงจรข้อมูล บริษัทปลายทางข้อมูล อุปกรณ์จัดเส้นทาง (router)

กลุ่มผลิตภัณฑ์	ตัวอย่าง
บริษัทไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ณ จุดขายปลีก	เครื่องบันทึกเงินสด (cash register) เครื่องบันทึกบัญชีที่จุดขายรวมทั้งเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ร่วมกัน (point of sale terminal including associated electronic scale)
เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สำนักงาน	เครื่องคำนวณ เครื่องถ่ายเอกสาร บริษัทสั่งความ เครื่องย้อยเอกสาร เครื่องอัดสำเนา เครื่องลบข้อมูล บริษัทไมโครกราฟิก เครื่องเก็บแฟ้มด้วยมอเตอร์ เครื่องแต่งกระดาษ (เจาะ ตัด แยก) เครื่องกระทุ้งกระดาษ เครื่องเหลาดินสอ เครื่องเย็บ เครื่องพิมพ์ดีด
บริษัทเทคโนโลยีสารสนเทศอื่น	บริษัทอัดภาพถ่าย เครื่องปลายทางสารสนเทศสาธารณะ บริษัทสื่อประสม
บริษัทไปรษณีย์	เครื่องดำเนินการวิธีทางไปรษณีย์ เครื่องประทับตราไปรษณียากร
บริษัทพื้นฐานโครงข่ายโทรคมนาคม	บริษัทจัดทำใบเสร็จ (billing equipment) อุปกรณ์รวมส่งสัญญาณ บริษัทจ่ายกำลังโครงข่าย บริษัทปลายทางโครงข่าย สถานีวิทยุฐาน เครื่องทวนสัญญาณ บริษัทส่งผ่านสัญญาณ บริษัทชุมสายโทรคมนาคม
บริษัทโทรคมนาคมปลายทาง	บริษัทโทรสาร ระบบโทรศัพท์กดปุ่ม โมเด็ม ตู้สาขาโทรศัพท์อัตโนมัติ วิทยุตามตัว เครื่องตอบรับโทรศัพท์ เครื่องโทรศัพท์ (มีสายและไม่มีสาย)

หมายเหตุ บริษัทสื่อประสมอาจใช้ข้อกำหนดของ มอก.1195 เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัย

บริษัทที่ไม่มีรายชื่ออยู่ในรายการข้างต้นไม่จำเป็นต้องอยู่นอกขอบข่ายของมาตรฐานนี้ บริษัทที่เป็นไปตามข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องเนื่องในมาตรฐานนี้ถือว่าเหมาะที่จะใช้กับบริษัทควบคุมกระบวนการ บริษัททดสอบอัตโนมัติ และระบบที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งต้องการเครื่องประมวลสารสนเทศ อย่างไรก็ตามมาตรฐานนี้ไม่รวมถึงข้อกำหนดด้านสมรรถนะหรือลักษณะเฉพาะตามหน้าที่ของบริษัท

1.1.2 ข้อกำหนดเพิ่มเติม

ข้อกำหนดเพิ่มเติมนอกเหนือไปจากข้อกำหนดที่ระบุในมาตรฐานนี้อาจมีความจำเป็นสำหรับ

- บริษัทที่มีเจตนาให้ใช้ในสิ่งแวดล้อมพิเศษ เช่น ที่อุณหภูมิสูงหรือต่ำมาก ในที่มีฝุ่น ความชื้น หรือการสั่นสะเทือนมากเกินไป ในที่ซึ่งมีก๊าซไวไฟ ในบรรยากาศที่มีการกัดกร่อนหรืออาจเกิดการระเบิด
- เครื่องมือแพทย์ทางไฟฟ้าที่ต่อสัมผัสกับร่างกายผู้ป่วย
- บริษัทที่เจตนาให้ใช้ในยานพาหนะทางบก เรือหรือเครื่องบิน ในประเทศเขตร้อนชื้น หรือที่ซึ่งมีระดับความสูงเกิน 2 000 เมตร
- บริษัทที่เจตนาให้ใช้ในที่ซึ่งน้ำอาจซึมเข้าในบริษัทได้ ข้อแนะนำเกี่ยวกับข้อกำหนดและการทดสอบที่เกี่ยวข้อง ดูได้ในภาคผนวก ก.

หมายเหตุ 1. ให้คำนึงถึงข้อกำหนดเพิ่มเติมของหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่ในการนี้ด้วย

หมายเหตุ 2. ประเทศไทยเป็นประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้นตามที่ระบุใน IEC 60721-2-1 ดังนั้น ให้พิจารณาเลือกข้อแนะนำในภาคผนวก ก. ของ มอก.1375 มาใช้

1.1.3 ข้อยกเว้น

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไม่ครอบคลุมถึง

- บริภัณฑ์สนับสนุน เช่น บริภัณฑ์ในระบบปรับอากาศ ระบบตรวจจับไฟไหม้ หรือระบบดับเพลิง
- ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ไม่ประกอบเป็นส่วนรวมหน่วยกับบริภัณฑ์ตามมาตรฐานนี้ เช่น มอเตอร์-เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ระบบแบตเตอรี่สำรองและหม้อแปลงไฟฟ้า
- สายไฟฟ้าในอาคาร
- อุปกรณ์ที่ไม่ต้องการพลังงานไฟฟ้า

1.2 บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น คำของ “แรงดันไฟฟ้า” และ “กระแสไฟฟ้า” ต่อไปนี้ให้หมายถึงค่าที่เป็นรากกำลังสองเฉลี่ย (root mean square, r.m.s.)

1.2.1 พิกัดทางไฟฟ้าของบริภัณฑ์

- 1.2.1.1 แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด (rated voltage) หมายถึง แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย (สำหรับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ 3 เฟส หมายถึงแรงดันไฟฟ้าเฟส-ถึง-เฟส) ตามที่ผู้ทำระบุ
- 1.2.1.2 พิสัยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด (rated voltage range) หมายถึง พิสัยแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายที่แสดงเป็นแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดสูงสุดและต่ำสุด ตามที่ผู้ทำระบุ
- 1.2.1.3 กระแสไฟฟ้าที่กำหนด (rated current) หมายถึง กระแสไฟฟ้าเข้าของบริภัณฑ์ ตามที่ผู้ทำระบุ
- 1.2.1.4 ความถี่ที่กำหนด (rated frequency) หมายถึง ความถี่ของแหล่งจ่าย ตามที่ผู้ทำระบุ
- 1.2.1.5 พิสัยความถี่ที่กำหนด (rated frequency range) หมายถึง พิสัยความถี่ของแหล่งจ่าย แสดงเป็นความถี่ที่กำหนดสูงสุดและต่ำสุด ตามที่ผู้ทำระบุ

1.2.2 ภาวะการทำงาน (operating condition)

- 1.2.2.1 โหลดปกติ (normal load) หมายถึง แบบวิธีของการทำงานซึ่งประมาณให้ใกล้เคียงความเป็นไปได้ที่สุดว่าเป็นภาวะการทำงานปกติที่หนักที่สุดตามข้อแนะนำการใช้งานของผู้ทำ อย่างไรก็ตามเมื่อเห็นได้ชัดเจนว่าภาวะการใช้งานจริงหนักกว่าภาวะโหลดสูงสุดที่ผู้ทำแนะนำ ให้ใช้โหลดซึ่งเป็นตัวแทนของค่าสูงสุดที่สามารถใช้ได้
หมายเหตุ ภาวะโหลดปกติของบริภัณฑ์บางแบบให้ไว้ในภาคผนวก ก.
- 1.2.2.2 เวลาใช้งานที่กำหนด (rated operating time) หมายถึง เวลาใช้งานของบริภัณฑ์ ตามที่ผู้ทำกำหนด
- 1.2.2.3 การทำงานต่อเนื่อง (continuous operation) หมายถึง การทำงานภายใต้โหลดปกติโดยไม่จำกัดเวลา
- 1.2.2.4 การทำงานระยะสั้น (short-time operation) หมายถึง การทำงานภายใต้โหลดปกติสำหรับคาบเวลาที่กำหนด โดยเริ่มจากภาวะเย็นซึ่งช่วงเวลาระหว่างแต่ละคาบการทำงานเพียงพอที่จะทำให้บริภัณฑ์เย็นลงสู่อุณหภูมิห้อง
- 1.2.2.5 การทำงานเป็นพักๆ (intermittent operation) หมายถึง การทำงานเป็นวัฏจักรเหมือนกันตามที่กำหนดไว้เป็นลำดับต่อเนื่องกันไป แต่ละวัฏจักรประกอบด้วยคาบการทำงานภายใต้โหลดปกติตามด้วยคาบพักที่บริภัณฑ์จะปิดเครื่องหรือเดินเครื่องโดยไม่มีโหลด

1.2.3 ความสามารถในการเคลื่อนย้ายของบริภัณฑ์ (equipment mobility)

1.2.3.1 บริภัณฑ์เคลื่อนย้ายได้ (movable equipment) หมายถึง บริภัณฑ์ซึ่ง

- มีมวลไม่เกิน 18 กิโลกรัม และไม่ยึดกับที่ หรือ
- บริภัณฑ์ที่มีล้อ ลูกล้อหรืออุปกรณ์อื่น ที่ช่วยการเคลื่อนย้ายโดยผู้ใช้เครื่องตามที่ต้องการใช้งานที่เจตนา

1.2.3.2 บริภัณฑ์มือถือ (hand-held equipment) หมายถึง บริภัณฑ์เคลื่อนย้ายได้หรือชิ้นส่วนของบริภัณฑ์ที่มีเจตนาให้ถือไว้ในขณะใช้งานปกติ

1.2.3.3 บริภัณฑ์ขนย้ายได้ (transportable equipment) หมายถึง บริภัณฑ์เคลื่อนย้ายได้ ที่มีเจตนาให้ผู้ใช้ขนไปมาเป็นประจำ

หมายเหตุ ตัวอย่างรวมถึงคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลวางตั้ง คอมพิวเตอร์หิ้วราบใช้ปากกาเขียน (pen-based tablet computer) และอุปกรณ์ประกอบเคลื่อนย้ายได้อื่น ๆ เช่น เครื่องพิมพ์ และหน่วยขับเคลื่อน

1.2.3.4 บริภัณฑ์ประจำที่ (stationary equipment) หมายถึง บริภัณฑ์ซึ่งไม่ใช่บริภัณฑ์เคลื่อนย้ายได้

1.2.3.5 บริภัณฑ์ฝังใน (equipment for building-in) หมายถึง บริภัณฑ์ที่มีเจตนาให้ติดตั้งในช่องที่เตรียมไว้ เช่น ในผนังหรือที่ติดตั้งอื่นซึ่งคล้ายกัน

หมายเหตุ โดยทั่วไปบริภัณฑ์แบบฝังในไม่มีเปลือกหุ้มทุกด้าน ซึ่งบางด้านได้รับการป้องกันภายหลังการติดตั้ง

1.2.3.6 บริภัณฑ์เสียบเข้าโดยตรง (direct plug-in equipment) หมายถึง บริภัณฑ์ที่มีเจตนาให้ใช้โดยปราศจากสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้า เต้าเสียบหลักประกอบเป็นส่วนรวมหน่วยกับเปลือกหุ้มของบริภัณฑ์ในลักษณะที่เข้ารับการรับน้ำหนักของบริภัณฑ์ด้วย

1.2.4 ประเภทของบริภัณฑ์ – การป้องกันช็อกไฟฟ้า

หมายเหตุ บริภัณฑ์เทคโนโลยีสารสนเทศบางชนิดไม่สามารถระบุประเภทของบริภัณฑ์ให้เป็นไปตามนี้ได้

1.2.4.1 บริภัณฑ์ประเภท I หมายถึง บริภัณฑ์ที่มีการป้องกันช็อกไฟฟ้า โดย

- ใช้ฉนวนมูลฐาน และ
- จัดให้มีวิธีการต่อส่วนนำไฟฟ้าเข้ากับตัวนำต่อลงดินป้องกัน (protective earthing conductor) ในระบบสายไฟฟ้าของอาคาร เพื่อป้องกันแรงดันไฟฟ้าอันตราย (hazardous voltage) ที่อาจเกิดขึ้นกับส่วนนำไฟฟ้านั้น ในกรณีที่ฉนวนมูลฐานล้มเหลว

หมายเหตุ บริภัณฑ์ประเภท I อาจมีส่วนที่เป็นฉนวนคู่ (double insulation) หรือฉนวนเสริม (reinforced insulation)

1.2.4.2 บริภัณฑ์ประเภท II หมายถึง บริภัณฑ์ที่มีการป้องกันช็อกไฟฟ้า โดยไม่ได้อาศัยฉนวนมูลฐานเพียงอย่างเดียว แต่ได้จัดให้มีมาตรการเกี่ยวกับความปลอดภัยเพิ่มเติม เช่น ให้มีฉนวนคู่หรือฉนวนเสริม และโดยไม่ได้อาศัยการป้องกันจากการต่อลงดินป้องกัน

1.2.4.3 บริภัณฑ์ประเภท III หมายถึง บริภัณฑ์ที่มีการป้องกันช็อกไฟฟ้าโดยอาศัยการจ่ายไฟจากวงจร SELV และแรงดันไฟฟ้าอันตรายไม่สามารถกำเนิดได้

หมายเหตุ บริภัณฑ์ประเภท III ถึงแม้ว่าไม่มีข้อกำหนดสำหรับการป้องกันช็อกไฟฟ้า แต่ต้องใช้ข้อกำหนดอื่นๆ ทั้งหมดตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานนี้

1.2.5 การต่อเข้ากับแหล่งจ่าย

- 1.2.5.1 บริภัณฑ์เสียบได้แบบ A (pluggable equipment type A) หมายถึง บริภัณฑ์ที่มีเจตนาให้ต่อเข้ากับสายไฟฟ้าของอาคารโดยใช้เต้าเสียบและเต้ารับซึ่งไม่ใช่แบบอุตสาหกรรม หรือคู่เต้าต่อเครื่องใช้ซึ่งไม่ใช่แบบอุตสาหกรรม หรือทั้งสองอย่าง
- 1.2.5.2 บริภัณฑ์เสียบได้แบบ B (pluggable equipment type B) หมายถึง บริภัณฑ์ที่มีเจตนาให้ต่อเข้ากับสายไฟฟ้าของอาคารโดยใช้เต้าเสียบและเต้ารับอุตสาหกรรม หรือคู่เต้าต่อเครื่องใช้แบบอุตสาหกรรมที่เป็นไปตาม มอก. 1234 หรือ IEC 60309 หรือทั้งสองอย่าง
- 1.2.5.3 บริภัณฑ์ที่ต่ออย่างถาวร (permanently connected equipment) หมายถึง บริภัณฑ์ที่มีเจตนาให้ต่อเข้ากับสายไฟฟ้าของอาคารโดยขั้วต่อสายที่ใช้หมุดเกลียว หรือวิธีอื่นที่เชื่อถือได้
- 1.2.5.4 สายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดได้ (detachable power supply cord) หมายถึง สายอ่อนสำหรับป้อนกำลังไฟฟ้าที่มีเจตนาให้ต่อกับบริภัณฑ์โดยใช้คู่เต้าต่อเครื่องใช้ที่เหมาะสม
- 1.2.5.5 สายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดไม่ได้ (non-detachable power supply cord) หมายถึง สายอ่อนสำหรับป้อนกำลังไฟฟ้าที่ยึดติดหรือประกอบเข้าเป็นส่วนหนึ่งของบริภัณฑ์
- สายอ่อนข้างต้นอาจเป็นแบบ
- ธรรมดา : สายอ่อนซึ่งสามารถเปลี่ยนทดแทนได้ง่ายโดยไม่ต้องเตรียมสายอ่อนเป็นพิเศษหรือไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ หรือ
- พิเศษ : สายอ่อนซึ่งถูกเตรียมเป็นพิเศษ หรือต้องใช้เครื่องมือสำหรับเปลี่ยนทดแทนซึ่งออกแบบเป็นพิเศษ หรืออยู่ในลักษณะที่ไม่สามารถเปลี่ยนทดแทนได้โดยไม่ทำให้บริภัณฑ์เสียหาย
- คำว่า “เตรียมเป็นพิเศษ” รวมถึงการจัดให้มีอุปกรณ์ป้องกันสายที่เป็นส่วนรวมหน่วยกับสายอ่อนการใช้ทางปลา การทำเป็นรูปตาไก่ (formation of eyelets) ฯลฯ แต่ไม่ใช้การแต่งรูปตัวนำก่อนใส่เข้าไปในขั้วต่อสาย หรือมีการบิดตัวนำตีเกลียวเพื่อให้ปลายสายแข็งแรงขึ้น

1.2.6 เปลือกหุ้ม (enclosure)

- 1.2.6.1 เปลือกหุ้ม หมายถึง ส่วนของบริภัณฑ์ที่จัดให้มีหน้าที่หนึ่งหรือมากกว่าตามที่อธิบายในข้อ 1.2.6.2 ข้อ 1.2.6.3 หรือ ข้อ 1.2.6.4
- หมายเหตุ เปลือกหุ้มชนิดหนึ่งอาจอยู่ภายในเปลือกหุ้มอีกชนิดหนึ่งได้ (เช่น เปลือกหุ้มทางไฟฟ้าอาจอยู่ภายในเปลือกหุ้มกันไฟหรือเปลือกหุ้มกันไฟอาจอยู่ภายในเปลือกหุ้มทางไฟฟ้าได้) และเปลือกหุ้มชนิดหนึ่งอาจทำหน้าที่ได้มากกว่าหนึ่งอย่าง (เช่น ทำหน้าที่เป็นทั้งเปลือกหุ้มทางไฟฟ้าและเปลือกหุ้มกันไฟ)
- 1.2.6.2 เปลือกหุ้มกันไฟ (fire enclosure) หมายถึง ส่วนของบริภัณฑ์ที่มีเจตนาที่จะทำให้การลุกลามของไฟจากภายในมีน้อยที่สุด
- 1.2.6.3 เปลือกหุ้มทางกล (mechanical enclosure) หมายถึง ส่วนของบริภัณฑ์ที่มีเจตนาให้ลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บเนื่องจากอันตรายทางกลและอันตรายทางกายภาพอื่น ๆ
- 1.2.6.4 เปลือกหุ้มทางไฟฟ้า (electrical enclosure) หมายถึง ส่วนของบริภัณฑ์ที่มีเจตนาให้ป้องกันการเข้าถึงส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายหรือระดับพลังงานอันตรายหรือส่วนที่อยู่ในวงจร TNV

1.2.6.5 ส่วนตกแต่ง (decorative part) หมายถึง ส่วนของบริภัณฑ์ที่อยู่ภายนอกเปลือกหุ้มซึ่งไม่มีหน้าที่ด้านความปลอดภัย

1.2.7 สภาพเข้าถึงได้ (accessibility)

1.2.7.1 พื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึง (operator access area) หมายถึง พื้นที่ซึ่งภายใต้ภาวะการทำงานปกติเป็นอย่างไรอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

- การเข้าถึง กระทำได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือ
- วิธีการเข้าถึงจัดเตรียมไว้ให้ผู้ใช้เครื่องอย่างจงใจ
- ผู้ใช้เครื่องได้รับการแนะนำให้เข้าถึงได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือในการเข้าถึงหรือไม่ คำว่า “การเข้าถึง” และ “เข้าถึงได้” หากไม่มีการระบุไว้เป็นการเฉพาะแล้ว ให้มีความหมายสัมพันธ์กับพื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึง ตามที่ระบุไว้ข้างต้น

1.2.7.2 พื้นที่ซึ่งผู้ซ่อมบำรุงเข้าถึง (service access area) หมายถึง พื้นที่นอกเหนือจากพื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึง ซึ่งจำเป็นสำหรับผู้ซ่อมบำรุงที่ต้องเข้าถึง แม้ในขณะที่บริภัณฑ์เปิดสวิตช์

1.2.7.3 ที่ตั้งที่เข้มงวดในการเข้าถึง (restricted access location) หมายถึง ตำแหน่งที่ตั้งบริภัณฑ์ซึ่งต้องมีการควบคุมการเข้าถึงทั้ง 2 กรณีดังต่อไปนี้

- การเข้าถึงสามารถกระทำได้เฉพาะผู้ซ่อมบำรุงหรือผู้ใช้ซึ่งได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับเหตุผลถึงความเข้มงวดที่ใช้กับที่ตั้งนี้ และข้อระวังใดๆ ที่ต้องปฏิบัติ และ
- การเข้าถึงทำได้โดยผ่านทางการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ล็อกและกุญแจ หรือวิธีการรักษาความปลอดภัยอื่นๆ และควบคุมโดยเจ้าหน้าที่ซึ่งรับผิดชอบที่ตั้ง

หมายเหตุ ข้อกำหนดสำหรับบริภัณฑ์ที่มีเจตนาให้ติดตั้งในที่ตั้งที่เข้มงวดในการเข้าถึงเป็นเช่นเดียวกับข้อกำหนดสำหรับพื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึง ยกเว้นตามที่ระบุในข้อ 1.7.17 ข้อ 2.1.3 และข้อ 4.5.1

1.2.7.4 เครื่องมือ (tool) หมายถึง ไขควงหรือวัตถุอื่นใดซึ่งอาจใช้กระทำกับหมุดเกลียว สลัก หรืออุปกรณ์ติดตั้งที่คล้ายกัน

1.2.7.5 ตัวบริภัณฑ์ (body) หมายถึง ส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึงทั้งหมด ดำจับ ปุ่ม ที่จับ และสิ่งที่คล้ายกัน และโลหะเปลวที่สัมผัสกับพื้นผิวที่แตะต้องถึงทั้งหมดของวัสดุฉนวน

1.2.7.6 อินเตอร์ล็อกนิรภัย (safety interlock) หมายถึง อุปกรณ์ป้องกันการเข้าถึงพื้นที่อันตรายจนกว่าอันตรายจะถูกกำจัดไป หรือภาวะอันตรายถูกกำจัดโดยอัตโนมัติเมื่อมีการเข้าไปถึง

1.2.8 วงจรและลักษณะเฉพาะของวงจร

1.2.8.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ (a.c. main supply) หมายถึง ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับภายนอกที่ป้อนให้แก่บริภัณฑ์ที่ใช้กำลังไฟฟ้ากระแสสลับ แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้านี้รวมถึงแหล่งจ่ายไฟฟ้าสาธารณะ หรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าส่วนบุคคล และหากมิได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่นในมาตรฐานนี้ (เช่น ข้อ 1.4.5) ให้รวมถึงแหล่งจ่ายไฟฟ้าอื่นที่เทียบเท่า เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ และระบบกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง

หมายเหตุ 1. ตัวอย่างของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ ให้ดูภาคผนวก ธ.

หมายเหตุ 2. เมื่อใช้คำว่า “ไฟฟ้าประธาน” หรือ “แหล่งจ่ายไฟฟ้าประธาน” ให้หมายถึงทั้งแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับและแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรง

- 1.2.8.2 แหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรง (d.c. main supply) หมายถึง ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงภายนอก (ใช้แบตเตอรี่หรือไม่ใช้) ที่ป้อนให้แก่บริเวณที่ใช้กำลังไฟฟ้ากระแสตรง ไม่รวมถึง
- แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่ป้อนให้แก่โครงข่ายโทรคมนาคมที่ต่อสายกับบริเวณที่ระยะไกล
 - แหล่งจ่ายจำกัดกำลังไฟฟ้า (ดูข้อ 2.5) ที่มีแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดไม่มากกว่า 42.4 โวลต์ กระแสตรง
 - แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดมากกว่า 42.4 โวลต์กระแสตรง แต่ไม่มากกว่า 60 โวลต์กระแสตรง และมีกำลังไฟฟ้าขาออกน้อยกว่า 240 โวลต์แอมแปร์

ให้พิจารณาวงจรที่ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรงเป็นวงจรทุติยภูมิตามความหมายของมาตรฐานนี้ (ดูข้อ 2.10.3.3)

หมายเหตุ 1. ให้ดู ITU-T Recommendation K.27 สำหรับโครงแบบการเชื่อมต่อ (bonding configuration) และการต่อลงดินภายในอาคารโทรคมนาคม

หมายเหตุ 2. เมื่อใช้คำว่า “ไฟฟ้าประธาน” หรือ “แหล่งจ่ายไฟฟ้าประธาน” ให้หมายถึงทั้งแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับและแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรง

- 1.2.8.3 วงจรปฐมภูมิ (primary circuit) หมายถึง วงจรซึ่งต่อโดยตรงเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ และรวมถึงวิธีการต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ ขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลง มอเตอร์ และอุปกรณ์ไหลดอื่น ๆ

หมายเหตุ ส่วนนำไฟฟ้าของเคเบิลต่อระหว่างหน่วยอาจเป็นส่วนหนึ่งของวงจรปฐมภูมิเช่นที่ระบุในข้อ 1.2.11.6

- 1.2.8.4 วงจรทุติยภูมิ (secondary circuit) หมายถึง วงจรซึ่งไม่ได้ต่อโดยตรงเข้ากับวงจรปฐมภูมิ และได้รับกำลังไฟฟ้าจากหม้อแปลง ตัวแปลงผัน (converter) หรืออุปกรณ์แยกวงจรที่เทียบเท่ากัน หรือจากแบตเตอรี่

หมายเหตุ ส่วนนำไฟฟ้าของเคเบิลต่อระหว่างหน่วยอาจเป็นส่วนหนึ่งของวงจรทุติยภูมิเช่นที่ระบุในข้อ 1.2.11.6

- 1.2.8.5 แรงดันไฟฟ้าอันตราย (hazardous voltage) หมายถึง แรงดันไฟฟ้าที่มากกว่า 42.4 โวลต์ค่ายอด หรือ 60 โวลต์กระแสตรง ที่มีอยู่ในวงจรซึ่งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับวงจรจำกัดกระแส หรือวงจร TNV

- 1.2.8.6 วงจร ELV (extra-low voltage circuit, ELV circuit) หมายถึง วงจรทุติยภูมิที่มีแรงดันไฟฟ้าระหว่างตัวนำสองเส้นใด ๆ ของวงจร และระหว่างตัวนำดังกล่าวเส้นใดเส้นหนึ่งกับดิน (ดูข้อ 1.4.9) ไม่เกิน 42.4 โวลต์ค่ายอด หรือ 60 โวลต์กระแสตรง ภายใต้ภาวะการทำงานปกติ โดยวงจรนี้ถูกแยกออกจากแรงดันไฟฟ้าอันตรายด้วยฉนวนมูลฐาน และไม่ได้เป็นไปตามข้อกำหนดทั้งหมดสำหรับวงจร SELV หรือไม่ได้เป็นไปตามข้อกำหนดทั้งหมดสำหรับวงจรจำกัดกระแส

- 1.2.8.7 วงจร SELV (safety extra-low voltage circuit, SELV circuit) หมายถึง วงจรทุติยภูมิซึ่งออกแบบและมีการป้องกันในลักษณะที่ภายใต้ภาวะการทำงานปกติและภาวะผิดปกติเพียงอย่างเดียว แรงดันไฟฟ้าของวงจรไม่เกินค่าปลอดภัย

หมายเหตุ 1. ค่าขีดจำกัดของแรงดันไฟฟ้าภายใต้ภาวะการทำงานปกติและภาวะผิดปกติเพียงอย่างเดียว (ดูข้อ 1.4.14) ได้ระบุไว้ในข้อ 2.2 และให้ดูตารางที่ 1 ก ประกอบด้วย

หมายเหตุ 2. บทนิยามของวงจร SELV แตกต่างจากคำ “SELV system” ที่ใช้ใน IEC 61140

- 1.2.8.8 วงจรจำกัดกระแส (limited current circuit) หมายถึง วงจรซึ่งออกแบบและมีการป้องกันในลักษณะที่ภายใต้ภาวะการทำงานปกติและภาวะผิดปกติที่เดี่ยวยที่เกิดขึ้น กระแสไฟฟ้าซึ่งสามารถดึงไปใช้จากวงจรจะไม่ทำให้เกิดอันตราย
- หมายเหตุ ค่าขีดจำกัดของกระแสภายใต้ภาวะการทำงานปกติและภาวะผิดปกติที่เดี่ยวย (ดูข้อ 1.4.14) ระบุไว้ในข้อ 2.4
- 1.2.8.9 ระดับพลังงานอันตราย (hazardous energy level) หมายถึง ระดับกำลังไฟฟ้าขนาดไม่น้อยกว่า 240 โวลต์แอมแปร์ที่มีช่วงเวลาไม่น้อยกว่า 60 วินาที หรือระดับพลังงานสะสมขนาดไม่น้อยกว่า 20 จูล (ตัวอย่างเช่น จากตัวเก็บประจุ 1 ตัวหรือมากกว่า) ที่ศักย์ไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 2 โวลต์
- 1.2.8.10 วงจร TNV (telecommunication network voltage circuit, TNV circuit) หมายถึง วงจรในบริเวณที่ซึ่งจำกัดพื้นที่ที่แต่ละต้องถึง และวงจรออกแบบและมีการป้องกันในลักษณะที่ภายใต้ภาวะการทำงานปกติและภาวะผิดปกติที่เดี่ยวย (ดูข้อ 1.4.14) แรงดันไฟฟ้าจะไม่เกินค่าขีดจำกัดที่ระบุให้พิจารณาวงจร TNV เป็นวงจรทุติยภูมิตามความหมายของมาตรฐานนี้
- หมายเหตุ 1. ค่าขีดจำกัดที่ระบุของแรงดันไฟฟ้าภายใต้ภาวะการทำงานปกติและภาวะผิดปกติที่เดี่ยวย (ดูข้อ 1.4.14) ให้ไว้ในข้อ 2.3.1 ข้อกำหนดเกี่ยวกับสภาพเข้าถึงได้ของวงจร TNV ให้ไว้ในข้อ 2.1.1.1
- หมายเหตุ 2. ส่วนนำไฟฟ้าของเคเบิลต่อระหว่างหน่วยอาจเป็นส่วนหนึ่งของวงจร TNV เช่นที่ระบุในข้อ 1.2.11.6
- วงจร TNV แบ่งเป็นวงจร TNV-1 TNV-2 และ TNV-3 ตามที่กำหนดในข้อ 1.2.8.11 ข้อ 1.2.8.12 และข้อ 1.2.8.13 ตามลำดับ
- หมายเหตุ 3. ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าระหว่างวงจร SELV กับ TNV แสดงไว้ในตารางที่ 1ก

ตารางที่ 1ก พิสัยแรงดันไฟฟ้าของวงจร SELV กับวงจร TNV
(ข้อ 1.2.8.10 และข้อ 1.4.8)

		แรงดันไฟฟ้าทำงานปกติ	
แรงดันไฟฟ้าเกินจาก โครงข่ายโทรคมนาคม	แรงดันไฟฟ้าเกินจากระบบ กระจายสัญญาณด้วยเคเบิล	ไม่เกินขีดจำกัด สำหรับวงจร SELV	เกินขีดจำกัดสำหรับวงจร SELV แต่ไม่เกินขีดจำกัดสำหรับวงจร TNV
เป็นไปได้	เป็นไปได้	วงจร TNV-1	วงจร TNV-3
เป็นไปได้ไม่ได้	-	วงจร SELV	วงจร TNV-2

- 1.2.8.11 วงจร TNV-1 หมายถึง วงจร TNV ซึ่ง
- แรงดันไฟฟ้าทำงานปกติไม่เกินขีดจำกัดสำหรับวงจร SELV ภายใต้ภาวะการทำงานปกติ และ
 - แรงดันไฟฟ้าเกินจากโครงข่ายโทรคมนาคมและระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิลเป็นไปได้
- 1.2.8.12 วงจร TNV-2 หมายถึง วงจร TNV ซึ่ง
- แรงดันไฟฟ้าทำงานปกติเกินขีดจำกัดสำหรับวงจร SELV ภายใต้ภาวะการทำงานปกติ และ
 - ไม่มีแรงดันไฟฟ้าเกินจากโครงข่ายโทรคมนาคม

1.2.8.13 วงจร TNV-3 หมายถึง วงจร TNV ซึ่ง

- แรงดันไฟฟ้าทำงานปกติเกินขีดจำกัดสำหรับวงจร SELV ภายใต้ภาวะการทำงานปกติ และ
- แรงดันไฟฟ้าเกินจากโครงข่ายโทรคมนาคมและระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิลเป็นไปไม่ได้

1.2.9 ฉนวน

1.2.9.1 ฉนวนตามหน้าที่ (functional insulation) หมายถึง ฉนวนที่จำเป็นสำหรับการทำงานที่ถูกต้องของผลิตภัณฑ์เท่านั้น

หมายเหตุ ฉนวนตามหน้าที่ โดยนิยามแล้วไม่ป้องกันช็อกไฟฟ้า อย่างไรก็ตามอาจช่วยลดความเป็นไปได้ในการติดไฟและการไหม้ไฟ

1.2.9.2 ฉนวนมูลฐาน (basic insulation) หมายถึง ฉนวนที่มีไว้เพื่อการป้องกันช็อกไฟฟ้าขั้นมูลฐาน

1.2.9.3 ฉนวนเพิ่มเติม (supplementary insulation) หมายถึง ฉนวนอิสระที่ใส่เพิ่มเติมให้กับฉนวนมูลฐาน เพื่อลดความเสี่ยงของช็อกไฟฟ้าในกรณีที่ฉนวนมูลฐานล้มเหลว

1.2.9.4 ฉนวนคู่ (double insulation) หมายถึง ฉนวนซึ่งประกอบด้วยฉนวนมูลฐานและฉนวนเพิ่มเติม

1.2.9.5 ฉนวนเสริม (reinforced insulation) หมายถึง ระบบฉนวนเดี่ยวซึ่งทำให้มีระดับการป้องกันช็อกไฟฟ้าเทียบเท่าฉนวนคู่ภายใต้ภาวะที่ระบุไว้ในมาตรฐานนี้

หมายเหตุ คำว่า “ระบบฉนวน” ไม่ได้หมายความว่าฉนวนต้องเป็นเนื้อเดียวกับตลอดทั้งชิ้น แต่อาจประกอบด้วยฉนวนหลายชั้นที่ไม่สามารถทดสอบแยกเป็นฉนวนเพิ่มเติมหรือฉนวนมูลฐานได้

1.2.9.6 แรงดันไฟฟ้าทำงาน (working voltage) หมายถึง แรงดันไฟฟ้าสูงสุดซึ่งฉนวนหรือส่วนประกอบที่พิจารณาได้รับหรือสามารถรับได้ เมื่อผลิตภัณฑ์ทำงานภายใต้ภาวะการใช้งานปกติ

1.2.9.7 แรงดันไฟฟ้าทำงานค่ายอด (peak working voltage) หมายถึง ค่ายอดสูงสุดหรือค่ากระแสดร่งของแรงดันไฟฟ้าทำงานรวมทั้งค่ายอดอิมพัลส์ซ้ำ ๆ ที่กำเนิดขึ้นในบริษัท แต่ไม่รวมแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวภายนอก

1.2.9.8 แรงดันไฟฟ้าที่ทนได้ที่กำหนด (required withstand voltage) หมายถึง แรงดันไฟฟ้าค่ายอดซึ่งฉนวนที่พิจารณาต้องทนได้

1.2.9.9 แรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธาน (main transient voltage) หมายถึง แรงดันไฟฟ้าค่ายอดสูงสุดที่คาดว่าจะเกิดขึ้นที่ด้านกำลังไฟฟ้าเข้าของบริษัท ซึ่งเกิดจากแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวภายนอกบนแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับหรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรง

1.2.9.10 แรงดันไฟฟ้าชั่วคราวในโครงข่ายโทรคมนาคม (telecommunication network transient voltage) หมายถึง แรงดันไฟฟ้าค่ายอดสูงสุดที่คาดว่าจะเกิดขึ้นที่จุดต่อโครงข่ายโทรคมนาคมของบริษัท ซึ่งเกิดขึ้นจากแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวภายนอกบนโครงข่าย

หมายเหตุ ไม่ต้องพิจารณาถึงผลกระทบของแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวจากระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล

1.2.10 ระยะห่างในอากาศและระยะห่างตามผิวฉนวน

1.2.10.1 ระยะห่างในอากาศ (clearance) หมายถึง ระยะทางที่สั้นที่สุดเมื่อวัดผ่านอากาศระหว่างส่วนนำไฟฟ้า 2 ส่วน หรือระหว่างส่วนนำไฟฟ้ากับพื้นผิวขอบเขตของบริษัท

- 1.2.10.2 ระยะห่างตามผิวฉนวน (creepage distance) หมายถึง เส้นทางสั้นที่สุดเมื่อวัดไปตามพื้นผิวของฉนวนระหว่างส่วนนำไฟฟ้า 2 ส่วน หรือระหว่างส่วนนำไฟฟ้ากับพื้นผิวขอบเขตของบริเวณที่
- 1.2.10.3 พื้นผิวขอบเขต (bounding surface) หมายถึง พื้นผิวภายนอกของเปลือกหุ้มทางไฟฟ้า พิจารณาเสมือนว่ามีโลหะเปลวติดแนบกับพื้นผิวที่แต่ละต้องถึงของวัสดุฉนวน

1.2.11 ส่วนประกอบ

- 1.2.11.1 เทอร์มอสแตต (thermostat) หมายถึง อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิเป็นวัฏจักรที่มีเจตนาให้รักษาอุณหภูมิให้อยู่ระหว่างค่าเฉพาะ 2 ค่าภายใต้ภาวะการทำงานปกติ และอาจมีการเตรียมการไว้เพื่อให้ตั้งโดยผู้ใช้เครื่อง
- 1.2.11.2 ตัวจำกัดอุณหภูมิ (temperature limiter) หมายถึง อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิที่มีเจตนาให้รักษาอุณหภูมิให้อยู่ต่ำกว่าหรือสูงกว่าค่าเฉพาะค่าหนึ่งในระหว่างภาวะการทำงานปกติ และอาจมีการเตรียมการไว้เพื่อให้ตั้งอุณหภูมิโดยผู้ใช้เครื่อง
- หมายเหตุ ตัวจำกัดอุณหภูมิอาจเป็นแบบตั้งใหม่อัตโนมัติหรือแบบตั้งใหม่ด้วยมือ
- 1.2.11.3 คัตเอาต์ความร้อน (thermal cut-out) หมายถึง อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิที่มีเจตนาให้ทำงานภายใต้ภาวะการทำงานผิดปกติและไม่มีการเตรียมการไว้เพื่อให้ผู้ใช้เครื่องเปลี่ยนการตั้งอุณหภูมิ
- หมายเหตุ คัตเอาต์ความร้อนอาจเป็นแบบตั้งใหม่อัตโนมัติหรือแบบตั้งใหม่ด้วยมือ
- 1.2.11.4 คัตเอาต์ความร้อนตั้งใหม่อัตโนมัติ (thermal cut-out, automatic reset) หมายถึง คัตเอาต์ความร้อนซึ่งทำให้กระแสกลับมาไหลเหมือนเดิมอย่างอัตโนมัติหลังจากส่วนที่เกี่ยวข้องของบริเวณที่เย็นลงอย่างเพียงพอ
- 1.2.11.5 คัตเอาต์ความร้อนตั้งใหม่ด้วยมือ (thermal cut-out, manual reset) หมายถึง คัตเอาต์ความร้อนซึ่งต้องตั้งใหม่ด้วยมือหรือเปลี่ยนทดแทนชิ้นส่วน เพื่อให้กระแสกลับมาไหลเหมือนเดิม
- 1.2.11.6 เคเบิลต่อระหว่างหน่วย (interconnecting cable) หมายถึง เคเบิลซึ่งใช้ต่อทางไฟฟ้าจากเครื่องประกอบเข้ากับบริเวณที่เทคโนโลยีสารสนเทศ หรือใช้ต่อระหว่างบริเวณที่ต่าง ๆ ในระบบ หรือใช้ต่อบริเวณที่เข้ากับโครงข่ายโทรคมนาคมหรือระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล เคเบิลดังกล่าวอาจใช้ต่อวงจรแบบใดแบบหนึ่งจากบริเวณที่หนึ่งไปยังอีกบริเวณที่หนึ่ง
- หมายเหตุ สายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธาน ไม่ถือเป็นเคเบิลต่อระหว่างหน่วย

1.2.12 สภาพการเกิดเปลวไฟได้

- 1.2.12.1 การจัดประเภทสภาพการเกิดเปลวไฟได้ของวัสดุ หมายถึง การจัดประเภทตามลักษณะการไหม้ไฟของวัสดุ และความสามารถในการดับได้เองถ้าวัสดุนั้นติดไฟ ซึ่งได้จัดวัสดุเป็นประเภทตามข้อ 1.2.12.2 ถึงข้อ 1.2.12.14 โดยการทดสอบตาม IEC 60695-11-10 IEC 60695-11-20 ISO 9772 หรือ ISO 9773
- หมายเหตุ 1. เมื่อใช้ข้อกำหนดในมาตรฐานนี้ วัสดุโฟมประเภท HF-1 ถือว่าดีกว่าประเภท HF-2 และประเภท HF-2 ถือว่าดีกว่าประเภท HBF
- หมายเหตุ 2. ในทำนองเดียวกัน วัสดุอื่นรวมทั้งโฟมโครงสร้าง (โดยโครงสร้างทางวิศวกรรม) ประเภท 5VA ถือว่าดีกว่าประเภท 5VB ประเภท 5VB ถือว่าดีกว่าประเภท V-0 ประเภท V-0 ถือว่า

ดีกว่าประเภท V-1 ประเภท V-1 ถือว่าดีกว่า ประเภท V-2 ประเภท V-2 ถือว่าดีกว่า ประเภท HB40 และประเภท HB40 ถือว่าดีกว่าประเภท HB75

หมายเหตุ 3. ในทำนองเดียวกัน วัสดุอื่นประเภท VTM-0 ถือว่าดีกว่าประเภท VTM-1 และประเภท VTM-1 ถือว่าดีกว่าประเภท VTM-2

หมายเหตุ 4. วัสดุที่มีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท VTM-0 VTM-1 และ VTM-2 ถือว่าเทียบเท่ากับ วัสดุที่มีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท V-0 V-1 และ V-2 ตามลำดับแต่เฉพาะสมบัติ การเกิดเปลวไฟได้เท่านั้น ส่วนสมบัติทางไฟฟ้าและทางกลไม่จำเป็นต้องเทียบเท่ากัน

หมายเหตุ 5. ประเภทสภาพการเกิดเปลวไฟได้ใหม่นี้ใช้แทนที่ประเภทที่ใช้ในมาตรฐานฉบับก่อน สามารถ เปรียบเทียบประเภทเก่าและใหม่ได้จากตารางต่อไปนี้

ประเภทเก่า	ประเภทใหม่	การเทียบเท่า
-	5VA (1.2.12.5)	5VA ไม่อยู่ในข้อกำหนดของมาตรฐานนี้
5V	5VB (1.2.12.6)	วัสดุที่เป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบสำหรับประเภท 5V ของภาคผนวก A.9 ในมาตรฐานฉบับก่อน ถือว่าเทียบเท่าหรือดีกว่าประเภท 5VB
HB	HB40 (1.2.12.10)	ตัวอย่างของวัสดุที่ความหนา 3 mm ที่เป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบของภาคผนวก A.8 ในมาตรฐานฉบับก่อน (อัตราการเผาไหม้สูงสุดที่ 40 mm/min) ถือว่าเทียบเท่ากับประเภท HB40
	HB75 (1.2.12.11)	ตัวอย่างของวัสดุที่ความหนาน้อยกว่า 3 mm ที่เป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบของภาคผนวก A.8 ในมาตรฐานฉบับก่อน (อัตราการเผาไหม้สูงสุดที่ 75 mm/min) ถือว่าเทียบเท่ากับประเภท HB75

- 1.2.12.2 วัสดุประเภท V-0 หมายถึง วัสดุที่ผ่านการทดสอบโดยใช้ความหนาที่มึนัยสำคัญบางที่สุดและได้จัดประเภทเป็นประเภท V-0 ตาม IEC 60695-11-10
- 1.2.12.3 วัสดุประเภท V-1 หมายถึง วัสดุที่ผ่านการทดสอบโดยใช้ความหนาที่มึนัยสำคัญบางที่สุดและได้จัดประเภทเป็นประเภท V-1 ตาม IEC 60695-11-10
- 1.2.12.4 วัสดุประเภท V-2 หมายถึง วัสดุที่ผ่านการทดสอบโดยใช้ความหนาที่มึนัยสำคัญบางที่สุดและได้จัดประเภทเป็นประเภท V-2 ตาม IEC 60695-11-10
- 1.2.12.5 วัสดุประเภท 5VA หมายถึง วัสดุที่ผ่านการทดสอบโดยใช้ความหนาที่มึนัยสำคัญบางที่สุดและได้จัดประเภทเป็นประเภท 5VA ตาม IEC 60695-11-20
- 1.2.12.6 วัสดุประเภท 5VB หมายถึง วัสดุที่ผ่านการทดสอบโดยใช้ความหนาที่มึนัยสำคัญบางที่สุดและได้จัดประเภทเป็นประเภท 5VB ตาม IEC 60695-11-20
- 1.2.12.7 วัสดุโฟมประเภท HF-1 หมายถึง วัสดุโฟมที่ผ่านการทดสอบโดยใช้ความหนาที่มึนัยสำคัญบางที่สุดและได้จัดประเภทเป็นประเภท HF-1 ตาม ISO 9772
- 1.2.12.8 วัสดุโฟมประเภท HF-2 หมายถึง วัสดุโฟมที่ผ่านการทดสอบโดยใช้ความหนาที่มึนัยสำคัญบางที่สุดและได้จัดประเภทเป็นประเภท HF-2 ตาม ISO 9772

- 1.2.12.9 วัสดุโคมประเภท HBF หมายถึง วัสดุโคมที่ผ่านการทดสอบโดยใช้ความหนาที่มียุทธศาสตร์บางที่สุดและได้จัดประเภทเป็นประเภท HBF ตาม ISO 9772
- 1.2.12.10 วัสดุประเภท HB40 หมายถึง วัสดุที่ผ่านการทดสอบโดยใช้ความหนาที่มียุทธศาสตร์บางที่สุดและได้จัดประเภทเป็นประเภท HB40 ตาม IEC 60695-11-10
- 1.2.12.11 วัสดุประเภท HB75 หมายถึง วัสดุที่ผ่านการทดสอบโดยใช้ความหนาที่มียุทธศาสตร์บางที่สุดและได้จัดประเภทเป็นประเภท HB75 ตาม IEC 60695-11-10
- 1.2.12.12 วัสดุประเภท VTM-0 หมายถึง วัสดุที่ผ่านการทดสอบโดยใช้ความหนาที่มียุทธศาสตร์บางที่สุดและได้จัดประเภทเป็นประเภท VTM-0 ตาม ISO 9773
- 1.2.12.13 วัสดุประเภท VTM-1 หมายถึง วัสดุที่ผ่านการทดสอบโดยใช้ความหนาที่มียุทธศาสตร์บางที่สุดและได้จัดประเภทเป็นประเภท VTM-1 ตาม ISO 9773
- 1.2.12.14 วัสดุประเภท VTM-2 หมายถึง วัสดุที่ผ่านการทดสอบโดยใช้ความหนาที่มียุทธศาสตร์บางที่สุดและได้จัดประเภทเป็นประเภท VTM-2 ตาม ISO 9773
- 1.2.12.15 ขีดจำกัดการระเบิด (explosion limit) หมายถึง ความเข้มข้นต่ำสุดของวัสดุเผาไหม้ได้ในส่วนผสมที่มีสิ่งต่อไปนี้ : ก๊าซ ไอ ละออง หรือฝุ่น ซึ่งเปลวไฟสามารถลุกลามได้หลังจากเอาแหล่งจุดไฟออก
- 1.2.13 เบ็ดเตล็ด
- 1.2.13.1 การทดสอบเฉพาะแบบ (type test) หมายถึง การทดสอบตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของบริษัทเพื่อตรวจสอบว่าเป็นบริษัทซึ่งออกแบบและผลิตที่เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานนี้หรือไม่
- 1.2.13.2 การทดสอบโดยการชักตัวอย่าง (sampling test) หมายถึง การทดสอบกับตัวอย่างจำนวนหนึ่งที่ชักมาจากกรุ่น
- 1.2.13.3 การทดสอบประจำ (routine test) หมายถึง การทดสอบที่ทำกับตัวอย่างแต่ละตัวในระหว่างหรือหลังการผลิต เพื่อตรวจสอบว่าตัวอย่างเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่
- 1.2.13.4 แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (d.c. voltage) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้า (เมื่อวัดด้วยมาตรขดลวดเคลื่อนที่) ที่มีค่ายอดถึงยอดของความพริ้ว (ripple) ไม่เกินร้อยละ 10 ของค่าเฉลี่ย
หมายเหตุ ในกรณีที่ค่ายอดถึงยอดของความพริ้วเกินร้อยละ 10 ของค่าเฉลี่ย ให้ใช้ข้อกำหนดที่เกี่ยวกับแรงดันไฟฟ้าค่ายอด
- 1.2.13.5 ผู้ซ่อมบำรุง (service person) หมายถึง บุคคลที่ได้รับการฝึกอบรมทางเทคนิคที่เหมาะสมและมีประสบการณ์ที่จำเป็นที่ทราบถึงอันตรายซึ่งอาจมีในการปฏิบัติงาน และทราบถึงวิธีการลดความเสี่ยงที่จะเกิดแก่ตนเองและบุคคลอื่น
- 1.2.13.6 ผู้ใช้ (user) หมายถึง บุคคลอื่นใดที่นอกเหนือจากผู้ซ่อมบำรุง คำว่า “ผู้ใช้” ในมาตรฐานนี้เหมือนกับคำว่า “ผู้ใช้เครื่อง” และสองคำนี้สามารถใช้แทนกันได้
- 1.2.13.7 ผู้ใช้เครื่อง (operator) ดูข้อ 1.2.13.6

1.2.13.8 โครงข่ายโทรคมนาคม (telecommunication network) หมายถึง ตัวกลางการส่งผ่านที่ปลายสายเป็นโลหะเพื่อเจตนาใช้ในการสื่อสารระหว่างบริษัทซึ่งอาจอยู่ในอาคารคนละหลัง โดยไม่รวมถึง

- ระบบไฟฟ้าประธานสำหรับแหล่งจ่าย ระบบส่ง และระบบจำหน่าย ถ้าใช้เป็นตัวกลางส่งผ่านโทรคมนาคม
- ระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล
- วงจร SELV ที่ต่อระหว่างหน่วยของบริษัทเทคโนโลยีสารสนเทศ

หมายเหตุ 1. คำว่า “โครงข่ายโทรคมนาคม” กำหนดขึ้นในเชิงการทำงานไม่ใช่ลักษณะเฉพาะทางไฟฟ้า โครงข่ายโทรคมนาคมไม่ได้กำหนดตัวเองเป็นวงจร SELV หรือวงจร TNV วงจรในบริษัทเท่านั้นที่จำแนกเช่นนั้น

หมายเหตุ 2. โครงข่ายโทรคมนาคมอาจ

- เป็นของสาธารณะหรือของส่วนบุคคล
- ต้องรับแรงดันไฟฟ้าเกินชั่วคราวเนื่องจากการปล่อยประจุในบรรยากาศ และภาวะผิดปกติในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า
- ต้องรับแรงดันไฟฟ้าตามแนวยาว (แบบวิธีร่วม) ที่เหนี่ยวนำจากสายส่งกำลังไฟฟ้าหรือสายส่งกำลังจุดลากไฟฟ้าที่อยู่ใกล้เคียง

หมายเหตุ 3. ตัวอย่างของโครงข่ายโทรคมนาคม ได้แก่

- โครงข่ายโทรศัพท์สาธารณะ
- โครงข่ายข้อมูลสาธารณะ
- โครงข่ายบริการสื่อสารร่วมระบบดิจิทัล (ISDN)
- โครงข่ายส่วนบุคคลที่มีลักษณะเฉพาะเชื่อมโยงทางไฟฟ้าคล้ายกับข้างต้น

1.2.13.9 การต่อลงดินตามหน้าที่ (functional earthing) หมายถึง การต่อลงดินของจุดในบริษัทหรือในระบบซึ่งจำเป็นสำหรับจุดประสงค์อื่นนอกเหนือจากความปลอดภัย

1.2.13.10 ตัวนำต่อลงดินป้องกัน (protective earthing conductor) หมายถึง ตัวนำในสายไฟฟ้าติดตั้งในอาคารหรือในสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าที่ต่อชั่วคราวลงดินป้องกันหลักในบริษัทกับจุดต่อลงดินที่ติดตั้งในอาคาร

1.2.13.11 ตัวนำเชื่อมต่อป้องกัน (protective bonding conductor) หมายถึง ตัวนำในบริษัท หรือส่วนนำไฟฟ้าที่รวมเข้าด้วยกันในบริษัทที่ต่อระหว่างชั่วคราวลงดินป้องกันหลักกับส่วนของบริษัทที่ต้องการต่อลงดินเพื่อความปลอดภัย

1.2.13.12 กระแสไฟฟ้าสัมผัส (touch current) หมายถึง กระแสไฟฟ้าผ่านร่างกายมนุษย์เมื่อสัมผัสส่วนที่แตะต้องถึงหนึ่งส่วนหรือหลายส่วน

หมายเหตุ กระแสไฟฟ้าสัมผัส เดิมรวมอยู่ในคำว่า “กระแสไฟฟ้ารั่ว”

1.2.13.13 กระแสไฟฟ้าตัวนำป้องกัน (protective conductor current) หมายถึง กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำต่อลงดินป้องกันภายใต้ภาวะการทำงานปกติ

หมายเหตุ กระแสไฟฟ้าตัวนำป้องกัน เดิมรวมอยู่ในคำว่า “กระแสไฟฟ้ารั่ว”

1.2.13.14 ระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล (cable distribution system) หมายถึง ตัวกลางการส่งผ่าน ปลายสายโลหะ ซึ่งปกติใช้สำหรับส่งสัญญาณภาพและ/หรือสัญญาณเสียงระหว่างอาคารหรือ ระหว่างสายอากาศนอกอาคารกับอาคาร โดยไม่รวมถึง

- ระบบไฟฟ้าประธานสำหรับแหล่งจ่าย ระบบส่ง และระบบจำหน่าย ถ้าใช้เป็นตัวกลางส่งผ่าน การสื่อสาร
- โครงข่ายโทรคมนาคม
- หน่วยการต่อวงจร SELV ของบริษัทเทคโนโลยีสารสนเทศ

หมายเหตุ 1. ตัวอย่างของระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล ได้แก่

- โครงข่ายเคเบิลท้องถิ่น ระบบโทรทัศน์แบบสายอากาศชุมชน และระบบโทรทัศน์แบบสายอากาศหลักซึ่งทำหน้าที่กระจายสัญญาณภาพและสัญญาณเสียง
- สายอากาศนอกอาคารรวมถึงจานรับสัญญาณดาวเทียม สายอากาศรับสัญญาณ และ อุปกรณ์อื่นที่คล้ายกัน

หมายเหตุ 2. ระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล อาจเกิดภาวะแรงดันไฟฟ้าเกินชั่วคราวมากกว่าโครงข่ายโทรคมนาคม (ดูข้อ 7.3.1)

1.3 ข้อกำหนดทั่วไป

1.3.1 การใช้ข้อกำหนด

ข้อกำหนดตามมาตรฐานนี้ใช้ได้เฉพาะเมื่อเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยเท่านั้น

เพื่อหาว่าเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยหรือไม่ ต้องตรวจสอบวงจรและการสร้างอย่างรอบคอบโดยคำนึงถึงผลสืบเนื่องจากความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้น

1.3.2 การออกแบบและสร้างบริษัท

ต้องออกแบบและสร้างบริษัทในลักษณะที่ได้จัดให้มีการป้องกันเพื่อลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บของบุคคลจากช็อกไฟฟ้าและอันตรายอื่นๆ และป้องกันการลุกลามของไฟที่เกิดขึ้นในบริษัท ภายใต้ภาวะการทำงานปกติทั้งหมดและภาวะการใช้งานผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นได้หรือภาวะผิดปกติเฉพาะ (ดูข้อ 1.4.14)

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการทดสอบที่เกี่ยวข้องเนื่อง

1.3.3 แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย (supply voltage)

ต้องออกแบบบริษัทให้ปลอดภัยที่แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายใด ๆ ที่มีเจตนาให้บริษัทนั้นเข้าไปต่อได้

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการทดสอบที่เกี่ยวข้องของมาตรฐานนี้ภายใต้ภาวะที่ระบุในข้อ 1.4.5

1.3.4 การสร้างที่ไม่ครอบคลุมโดยเฉพาะ

ในกรณีที่บริษัทเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีและวัสดุหรือวิธีการสร้างที่ไม่ครอบคลุมโดยเฉพาะในมาตรฐานนี้ บริษัทต้องมีระดับความปลอดภัยไม่น้อยกว่าระดับที่กำหนดไว้และหลักการของความปลอดภัยในมาตรฐานนี้

1.3.5 วัสดุสมมูล (equivalent material)

ในกรณีที่มาตรฐานระบุชั้นคุณภาพของฉนวนเป็นการเฉพาะ ยอมให้ใช้ชั้นคุณภาพของฉนวนที่ดีกว่าได้ ในทำนองเดียวกันในกรณีที่มาตรฐานต้องการวัสดุที่มีประสิทธิภาพการเกิดเปลวไฟได้เป็นการเฉพาะ ยอมให้ใช้ประเภทที่ดีกว่าได้

1.3.6 การวางทิศทางในระหว่างการขนย้ายและการใช้งาน

ในกรณีที่เป็นที่ชัดเจนว่าการวางทิศทางของการใช้งานของบริษัทมีผลอย่างสำคัญต่อการใช้อัด กำหนดหรือผลการทดสอบ ต้องนำการวางทิศทางในการใช้งานต่างๆ ทั้งหมดที่ยอมให้ในข้อแนะนำ การติดตั้งหรือข้อแนะนำสำหรับผู้ใช้งานมาพิจารณาด้วย สำหรับบริษัทที่ขนย้ายได้ ต้องนำการวางทิศทาง ขณะขนย้ายและขณะใช้งานทั้งหมดมาพิจารณาด้วย

หมายเหตุ ข้อกำหนดข้างต้นอาจใช้กับข้อ 4.1 ข้อ 4.5 ข้อ 4.6 และข้อ 5.3

1.3.7 การเลือกเกณฑ์

ในกรณีที่มาตรฐานยอมให้เลือกระหว่างเกณฑ์การเป็นไปตามข้อกำหนดที่แตกต่างกัน หรือระหว่างวิธี หรือภาวะการทดสอบที่แตกต่างกัน ให้ผู้ทำเป็นผู้เลือก

1.3.8 ตัวอย่างที่กล่าวถึงในมาตรฐาน

ในกรณีที่ยกตัวอย่างของบริษัท ขึ้นส่วน วิธีสร้าง เทคนิคการออกแบบ และภาวะผิวดมพร่อง ไว้ใน มาตรฐานที่นำหน้าด้วยคำว่า “ตัวอย่างเช่น” หรือ “เช่น” ไม่ได้หมายความว่าไม่รวมตัวอย่างอื่น สถานะการณ์อื่น และการแก้ปัญหาด้วย

1.3.9 ของเหลวนำไฟฟ้า

ข้อกำหนดทางไฟฟ้าของมาตรฐานนี้ ถือว่าของเหลวนำไฟฟ้าเป็นส่วนนำไฟฟ้า

1.4 ภาวะทั่วไปสำหรับการทดสอบ

1.4.1 การใช้การทดสอบ

การทดสอบที่ให้รายละเอียดไว้ในมาตรฐานนี้จะทดสอบเมื่อเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยเท่านั้น

ถ้ามีหลักฐานจากการออกแบบและการสร้างบริษัทว่าการทดสอบบางรายการไม่เกี่ยวข้อง ไม่จำเป็นต้องทดสอบ

หากมิได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น เมื่อสิ้นสุดการทดสอบแล้วบริษัทไม่จำเป็นต้องทำงานได้

1.4.2 การทดสอบเฉพาะแบบ

หากมิได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น การทดสอบที่ระบุไว้ในมาตรฐานนี้เป็นการทดสอบเฉพาะแบบ

1.4.3 ตัวอย่างทดสอบ

หากมิได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น ตัวอย่างหนึ่งตัวอย่างหรือหลายตัวอย่างที่ใช้ทดสอบต้องเป็นตัวแทนของ บริษัทที่ผู้ซื้อได้รับ หรือต้องเป็นบริษัทจริงซึ่งพร้อมส่งให้แก่ผู้ซื้อ

อีกทางเลือกหนึ่งแทนที่การทดสอบกับบริษัทที่สมบูรณ์ การทดสอบอาจแยกกระทำกับวงจร ส่วน ประกอบหรือชุดย่อยนอกบริษัท หากการตรวจพินิจบริษัทและการจัดวงจรชี้บอกว่าการทดสอบนั้น เป็นตัวแทนผลการทดสอบของบริษัทที่สมบูรณ์ แต่ถ้การทดสอบนั้นชี้บอกถึงความไม่น่าจะเป็นไป ตามข้อกำหนดกับบริษัทที่สมบูรณ์ ต้องทดสอบซ้ำในบริษัท

ถ้าการทดสอบที่ระบุไว้ในมาตรฐานนี้เป็นการทดสอบแบบทำลาย ยอมให้ใช้แบบจำลองเพื่อแทนภาวะที่ต้องประเมิน

หมายเหตุ 1. ควรทดสอบตามลำดับดังนี้

- การเลือกส่วนประกอบหรือวัสดุ
- การทดสอบส่วนประกอบหรือชุดประกอบย่อยบนแท่นทดสอบ
- การทดสอบกับบริภัณฑ์ที่ไม่ได้รับพลังงานไฟฟ้า
- การทดสอบเมื่อมีไฟฟ้า
 - ภายใต้ภาวะการทำงานปกติ
 - ภายใต้ภาวะการทำงานผิดปกติ
 - เกี่ยวข้องกับความน่าเชื่อถือ

หมายเหตุ 2. ในมุมมองของทรัพยากรที่เกี่ยวข้องในการทดสอบและเพื่อให้สูญเสียน้อยที่สุด แนะนำว่าผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายต้องพิจารณาร่วมกันเกี่ยวกับโปรแกรมการทดสอบ ตัวอย่างทดสอบ และลำดับการทดสอบ

1.4.4 พารามิเตอร์ขณะทำงานสำหรับการทดสอบ

ยกเว้นในกรณีที่ระบุภาวะการทดสอบเป็นการจำเพาะไว้ในที่ใด ๆ ในมาตรฐาน และในกรณีที่ปรากฏชัดเจนว่ามีผลกระทบอย่างสำคัญต่อผลการทดสอบ ต้องทดสอบภายใต้ผลรวมที่ไม่พึงประสงค์มากที่สุดของพารามิเตอร์ภายในข้อกำหนดการทำงานที่ผู้ทำระบุ ดังต่อไปนี้

- แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย (ดูข้อ 1.4.5)
- ความถี่ของแหล่งจ่าย (ดูข้อ 1.4.6)
- อุณหภูมิขณะทำงาน (ดูข้อ 1.4.12)
- สถานที่ตั้งของบริภัณฑ์และตำแหน่งของส่วนเคลื่อนที่
- แบบวิธีของการทำงาน
- การปรับตั้งเทอร์มอสแตต อุปกรณ์คุมค่า หรืออุปกรณ์ควบคุมที่คล้ายกันในพื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึง
 - ปรับตั้งได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือ หรือ
 - ปรับตั้งได้โดยใช้วิธีการต่าง ๆ เช่น ใช้กุญแจหรือเครื่องมือ ซึ่งจูงใจมิไว้สำหรับผู้ใช้เครื่อง

1.4.5 แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายสำหรับการทดสอบ

ในการหาแรงดันไฟฟ้าที่ให้ผลเร็วที่สุดสำหรับจ่ายให้กับบริภัณฑ์ที่ทดสอบ ต้องพิจารณาตัวแปรดังต่อไปนี้

- แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดหลายค่า
- เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดตามที่ระบุต่อไป
- ขีดจำกัดบนและขีดจำกัดล่างของพิสัยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด

ถ้ามีเจตนาให้บริภัณฑ์ต่อโดยตรงเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด ให้ใช้ ร้อยละ +6 และ ร้อยละ -10 นอกจากว่า

- แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดเป็น 230 โวลต์ เฟสเดียว หรือ 400 โวลต์ 3 เฟส ซึ่งกรณีนี้ให้ใช้เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ร้อยละ +10 และ ร้อยละ -10 หรือ
- ผู้ทำระบุเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนกว้างกว่า ซึ่งกรณีนี้ให้ใช้ค่าความคลาดเคลื่อนที่กว้างกว่านี้

ถ้ามีเจตนาให้บริษัทต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าสมมูลประธานกระแสสลับ (a.c. main equivalent source) เท่านั้น เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์หรือระบบกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง (ดูข้อ 1.2.8.1) หรือแหล่งจ่ายอื่นนอกเหนือจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ หรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรง เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดต้องระบุโดยผู้ทำ

ถ้ามีเจตนาให้บริษัทต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรง เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดให้ใช้ ร้อยละ + 20 และร้อยละ - 15 นอกจากผู้ทำระบุไว้เป็นค่าอื่น

เมื่อทดสอบบริษัทที่ออกแบบไว้สำหรับไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น ต้องพิจารณาถึงผลกระทบที่เป็นไปได้จากสภาพมีขั้วของแรงดันไฟฟ้า

1.4.6 ความถี่ของแหล่งจ่ายสำหรับการทดสอบ

ในการหาความถี่ที่ให้ผลเร็วที่สุดสำหรับจ่ายให้กับบริษัทที่ทดสอบ ต้องนำความถี่ที่กำหนดต่างๆ ภายในพิสัยความถี่ที่กำหนดมาพิจารณา (เช่น 50 เฮิร์ตซ์ และ 60 เฮิร์ตซ์) แต่การพิจารณาโดยปกติไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของความถี่ที่กำหนด (เช่น 50 เฮิร์ตซ์ $\pm$ 0.5 เฮิร์ตซ์)

1.4.7 อุปกรณ์วัดทางไฟฟ้า

อุปกรณ์วัดทางไฟฟ้าต้องมีความกว้างแถบความถี่เพียงพอที่จะให้ค่าที่อ่านได้แม่นยำ โดยคำนึงถึงส่วนประกอบทั้งหมด (ไฟฟ้ากระแสตรง ความถี่แหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ ความถี่สูง และปริมาณฮาร์มอนิกส์) ของพารามิเตอร์ที่วัด ถ้าวัดค่ารบกวนกำลังสองเฉลี่ย ต้องระมัดระวังว่าอุปกรณ์วัดให้ค่าจริงของค่ารบกวนกำลังสองเฉลี่ยของรูปคลื่นที่ไม่ใช่ไซน์ซวยด์เช่นเดียวกับของรูปคลื่นไซน์ซวยด์

1.4.8 แรงดันไฟฟ้าทำงานปกติ

วัตถุประสงค์ของ

- การหาแรงดันไฟฟ้าทำงาน (ดูข้อ 1.2.9.6) และ
- การจัดประเภทวงจรในบริษัทเป็น วงจร ELV วงจร SELV วงจร TNV-1 วงจร TNV-2 วงจร TNV-3 หรือ วงจรแรงดันไฟฟ้าอันตราย

ต้องพิจารณาแรงดันไฟฟ้าต่อไปนี้

- แรงดันไฟฟ้าทำงานปกติที่กำเนิดในบริษัทรวมถึงแรงดันไฟฟ้าคายอดที่ซ้ำกัน เช่น แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบวิธีสวิตช์ (switch mode power supply)
- แรงดันไฟฟ้าทำงานปกติที่กำเนิดขึ้นนอกบริษัทรวมถึงสัญญาณเรียก (ringing signal) ที่รับจากโครงข่ายโทรคมนาคม

สำหรับจุดประสงค์ของแรงดันไฟฟ้าที่ไม่พึงประสงค์ แรงดันไฟฟ้าที่กำเนิดขึ้นภายนอก แรงดันไฟฟ้าชั่วคราวที่ไม่ซ้ำกัน (เช่น แรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธาน และแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวในโครงข่ายโทรคมนาคม) ที่เหนี่ยวนำจากการสวิตช์ในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าและจากแรงดันกระชอกฟ้าผ่า (lightning surge) ไม่นำมาพิจารณาในกรณีดังต่อไปนี้

- การหาแรงดันไฟฟ้าทำงาน เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวนั้นได้รับพิจารณาในวิธีการหาระยะห่างในอากาศต่ำสุด (ดูข้อ 2.10.3 และภาคผนวก ข.)
- การจัดประเภทวงจรในบริษัท ยกเว้นเมื่อต้องการจัดแยกระหว่างวงจร SELV กับวงจร TNV-1 และระหว่างวงจร TNV-2 กับวงจร TNV-3 (ดูข้อ 1.2.8.10 ตารางที่ 1ก)

หมายเหตุ ผลกระทบของแรงดันไฟฟ้าภาวะคงตัวที่ไม่พึงประสงค์ที่กำเนิดขึ้นนอกบริษัท (เช่น ความต่างศักย์ของดินกับแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำบนโครงข่ายโทรคมนาคมที่เกิดจากระบบรถไฟ) ควบคุมโดยวิธีปฏิบัติในการติดตั้งหรือการแยกอย่างเหมาะสมในบริษัท มาตรการดังกล่าวขึ้นอยู่กับการใช้งานและไม่ได้กล่าวถึงในมาตรฐานนี้

1.4.9 การวัดแรงดันไฟฟ้าเทียบกับดิน

กรณีที่มาตรฐานระบุแรงดันไฟฟ้าระหว่างส่วนนำไฟฟ้ากับดิน ต้องพิจารณาส่วนที่ต่อลงดินต่อไปนี้ทั้งหมด

- ขั้วต่อลงดินป้องกัน (ถ้ามี) และ
- ส่วนนำไฟฟ้าอื่นใด ๆ ซึ่งต้องต่อเข้ากับดินป้องกัน (protective earth) (เช่น ดูข้อ 2.6.1) และ
- ส่วนนำไฟฟ้าใด ๆ ซึ่งต่อลงดินภายในบริษัทเพื่อเหตุผลตามหน้าที่

ส่วนที่จะต่อลงดินเมื่อใช้งานโดยการต่อเข้ากับบริษัทอื่นแต่ไม่ได้ต่อลงดินในบริษัทขณะทดสอบ ต้องต่อเข้ากับดินที่จุดซึ่งมีแรงดันไฟฟ้าสูงสุด เมื่อวัดแรงดันไฟฟ้าระหว่างดินกับตัวนำในวงจรซึ่งไม่ต่อลงดินในการใช้บริษัทโดยเจตนา ต้องต่อตัวต้านทานที่ไม่เหนี่ยวนำขนาด 5 000 โอห์ม $\pm$ ร้อยละ 10 คร่อมเครื่องวัดแรงดัน

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมในตัวนำต่อลงดินป้องกันของสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าหรือในตัวนำต่อลงดินในสายไฟฟ้าภายนอกอื่น ๆ ไม่รวมอยู่ในการวัด

1.4.10 โครนแบบการโหลดบริษัทที่ทดสอบ

ในการหากระแสไฟฟ้าเข้าและในกรณีที่อาจมีผลกระทบต่อการทดสอบอื่น ต้องพิจารณาและปรับตั้งตัวแปรต่อไปนี้เพื่อให้ได้ผลเร็วที่สุด

- โหลดในลักษณะที่เลือกได้ ที่ผู้ทำจัดให้หรือเตรียมไว้สำหรับรวมลงในหรือรวมเข้ากับบริษัทที่ทดสอบ
- โหลดเนื่องจากบริษัทชุดอื่น ซึ่งผู้ทำเจตนาให้ใช้กำลังไฟฟ้าจากบริษัทที่ทดสอบ
- โหลดซึ่งต่อเข้ากับเต้ารับจ่ายกำลังไฟฟ้ามาตรฐานบนบริษัทในพื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึง โดยไม่เกินค่าที่ระบุไว้ในเครื่องหมายและฉลากตามข้อ 1.7.5

ยอมให้ใช้โหลดเทียมเพื่อจำลองโหลดดังกล่าวในระหว่างการทดสอบ

1.4.11 กำลังไฟฟ้าจากโครงข่ายโทรคมนาคม

เพื่อจุดประสงค์ของมาตรฐานนี้ กำลังไฟฟ้าที่ได้จากโครงข่ายโทรคมนาคมได้พิจารณาให้จำกัดอยู่ที่ 15 โวลต์แอมแปร์

1.4.12 ภาวะการวัดอุณหภูมิ

1.4.12.1 ทัวไป

อุณหภูมิที่วัดได้บนบริษัททดสอบต้องไปตามข้อ 1.4.12.2 หรือข้อ 1.4.12.3 อุณหภูมิทุกค่ามีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส เมื่อ

T คือ อุณหภูมิของชิ้นส่วนที่ต้องการให้วัดภายใต้ภาวะการทดสอบที่กำหนด

$T_{\max}$ คือ อุณหภูมิสูงสุดที่ระบุให้สำหรับการเป็นไปตามข้อกำหนดของการทดสอบ

T_{amb} คือ อุณหภูมิโดยรอบระหว่างการทดสอบ

T_{ma} คือ อุณหภูมิโดยรอบสูงสุดที่ผู้ทำระบุหรือ 25 องศาเซลเซียส แล้วแต่ค่าใดจะมากกว่า

1.4.12.2 บริภัณฑ์ที่ขึ้นกับอุณหภูมิ

บริภัณฑ์ที่ออกแบบให้การทำงานให้ร้อนขึ้นหรือเย็นลงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ (เช่น บริภัณฑ์ที่มีพัดลมซึ่งมีความเร็วรอบสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น) ให้วัดอุณหภูมิขณะที่อุณหภูมิโดยรอบอยู่ในภาวะพึงประสงค์น้อยที่สุดภายในพิสัยการทำงานที่ผู้ทำกำหนด

ในกรณีนี้ T ต้องไม่เกิน $T_{\max}$

หมายเหตุ 1. เพื่อหาค่าสูงสุดของ T สำหรับแต่ละส่วนประกอบ อาจมีความจำเป็นที่ต้องทดสอบหลายครั้งที่ค่า T_{amb} ต่างๆ

หมายเหตุ 2. ค่า T_{amb} ที่พึงประสงค์น้อยที่สุดอาจแตกต่างกันสำหรับส่วนประกอบที่แตกต่างกัน

1.4.12.3 บริภัณฑ์ที่ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ

บริภัณฑ์ที่ไม่ได้ออกแบบให้การทำงานให้ร้อนขึ้นหรือเย็นลงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิโดยรอบ ยอมให้ใช้วิธีการตามข้อ 1.4.12.2 ได้ หรืออีกทางเลือกหนึ่งคือโดยการทดสอบที่ค่า T_{amb} ใดๆ ในพิสัยการทำงานที่ผู้ทำกำหนด

ในกรณีนี้ T ต้องไม่เกิน $(T_{\max} + T_{\text{amb}} - T_{\text{ma}})$

ระหว่างการทดสอบ T_{amb} ไม่ควรสูงกว่า T_{ma} นอกจากมีการตกลงร่วมกันของผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

1.4.13 วิธีวัดอุณหภูมิ

หากมิได้ระบุวิธีเฉพาะไว้ ต้องวัดอุณหภูมิของขดลวดโดยวิธีเทอร์มอคัปเปิลหรือวิธีความต้านทาน (ดูภาคผนวก จ.) ต้องวัดอุณหภูมิของส่วนอื่นๆ นอกเหนือจากขดลวดโดยวิธีเทอร์มอคัปเปิล ยอมให้ใช้วิธีวัดอุณหภูมิที่เหมาะสมอื่นๆ ซึ่งไม่มีอิทธิพลต่อสมดุลความร้อนจนสังเกตได้ และเป็นวิธีซึ่งให้ความแม่นยำเพียงพอที่จะแสดงถึงการเป็นไปตามข้อกำหนด ต้องเลือกใช้และวางตำแหน่งของตัวรับรู้อุณหภูมิในลักษณะที่มีผลต่ออุณหภูมิของชิ้นส่วนที่วัดน้อยที่สุด

1.4.14 ความผิดพร่องจำลองและภาวะผิดปกติ

ในกรณีที่ต้องการใช้ความผิดพร่องจำลองหรือภาวะการทำงานผิดปกติ ต้องใช้ภาวะเหล่านี้หมุนเวียนกันและครั้งละ 1 ภาวะ ความผิดพร่องซึ่งเป็นผลโดยตรงของความผิดพร่องจำลองหรือภาวะการทำงานผิดปกติ ให้พิจารณาว่าเป็นส่วนของความผิดพร่องจำลองหรือภาวะการทำงานผิดปกติ

เมื่อใช้ความผิดพร่องจำลองหรือภาวะการทำงานผิดปกติ ชิ้นส่วน วัสดุใช้สอย วัสดุสิ้นเปลือง สื่อและวัสดุบันทึก ต้องอยู่ในตำแหน่งถ้าสิ่งเหล่านี้อาจมีผลต่อผลการทดสอบ

ในกรณีที่มีการอ้างถึงความผิดพร่องเดียว ความผิดพร่องเดียวประกอบด้วยความล้มเหลวเดียวของฉนวนใดๆ (ไม่รวมฉนวนคู่หรือฉนวนเสริม) หรือความล้มเหลวเดียวของส่วนประกอบใดๆ (ไม่รวมส่วนประกอบที่มีฉนวนคู่หรือฉนวนเสริม)

ให้ตรวจสอบบริภัณฑ์ แผนภาพวงจร และข้อกำหนดลักษณะเฉพาะของส่วนประกอบ เพื่อหาภาวะผิดพร่องซึ่งอาจเกิดขึ้น เช่น

- วงจรลัดและวงจรเปิดของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำและตัวเก็บประจุ
- ความผิดพร่องที่ทำให้เกิดการสูญเสียอย่างต่อเนื่องในตัวต้านทานที่ออกแบบไว้สำหรับการสูญเสียเป็นพักๆ
- ความผิดพร่องภายในวงจรรวมที่ทำให้เกิดการสูญเสียเกิน

- ความล้มเหลวของฉนวนมูลฐานระหว่างส่วนที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านของวงจรปฐมภูมิ กับ
 - ส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึง
 - ที่กั้นนำไฟฟ้าที่ต่อลงดิน (ดูข้อ ค.2)
 - ส่วนของวงจร SELV
 - ส่วนของวงจรจำกัดกระแส

1.4.15 การเป็นไปตามข้อกำหนดโดยการตรวจสอบข้อมูลที่เกี่ยวข้องเนื่อง

หากการเป็นไปตามข้อกำหนดของวัสดุ ส่วนประกอบหรือชุดประกอบย่อยให้ปฏิบัติโดยการตรวจพินิจหรือการทดสอบสมบัติ ยอมให้ยืนยันการเป็นไปตามข้อกำหนดได้โดยการทบทวนข้อมูลที่เกี่ยวข้องหรือผลการทดสอบที่มีแผนการดำเนินการทดสอบเฉพาะแบบที่กำหนด

1.5 ส่วนประกอบ

1.5.1 ทั่วไป

ในกรณีที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย ส่วนประกอบต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานนี้หรือหัวข้อความปลอดภัยในมาตรฐานส่วนประกอบของ IEC ที่เกี่ยวข้องเนื่อง

หมายเหตุ 1. มาตรฐานส่วนประกอบของ IEC ถือว่าเกี่ยวข้องเฉพาะในกรณีที่ส่วนประกอบที่สงสัยอยู่ในขอบข่ายของมาตรฐานนั้นอย่างชัดเจน

หมายเหตุ 2. ไม่มีข้อความ

ส่วนประกอบซึ่งต่อเข้ากับทั้งวงจร SELV และวงจร ELV หรือต่อเข้ากับส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตราย ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 2.2

หมายเหตุ 3. ตัวอย่างของส่วนประกอบดังกล่าว ได้แก่ รีเลย์ที่มีแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต่างกันที่ต่อเข้ากับส่วนที่ต่างกัน (ขดลวดและหน้าสัมผัส)

1.5.2 การประเมินค่าและการทดสอบส่วนประกอบ

การประเมินค่าและการทดสอบส่วนประกอบต้องปฏิบัติตามดังนี้

- ส่วนประกอบที่ได้แสดงให้เห็นว่าเป็นไปตามมาตรฐานซึ่งปรับให้เหมือนกับมาตรฐานของส่วนประกอบของ IEC ที่เกี่ยวข้อง ต้องตรวจสอบการใช้งานที่ถูกต้องและใช้ตามพิกัดของส่วนประกอบนั้นๆ และต้องรับการทดสอบรายการที่เกี่ยวข้องในมาตรฐานนี้ในลักษณะที่เป็นส่วนของบริษัท ยกเว้นรายการทดสอบที่เป็นส่วนของมาตรฐานของส่วนประกอบของ IEC ที่เกี่ยวข้อง
- ส่วนประกอบที่ไม่ได้แสดงให้เห็นว่าเป็นไปตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้องข้างต้น ต้องตรวจสอบการใช้งานที่ถูกต้องและใช้ตามพิกัดของส่วนประกอบนั้นๆ และต้องรับการทดสอบรายการที่เกี่ยวข้องในมาตรฐานนี้ในลักษณะที่เป็นส่วนของบริษัทและรับการทดสอบรายการที่เกี่ยวข้องในมาตรฐานของส่วนประกอบภายใต้ภาวะที่เกิดขึ้นในบริษัท

หมายเหตุ การทดสอบรายการที่เกี่ยวข้องสำหรับการเป็นไปตามมาตรฐานของส่วนประกอบ โดยทั่วไปจะทดสอบแยกต่างหาก

- ในกรณีที่ไม่มีมาตรฐานของส่วนประกอบของ IEC ที่เกี่ยวข้อง หรือในกรณีส่วนประกอบที่ใช้ในวงจรไม่เป็นไปตามพิกัดที่ระบุของส่วนประกอบ ต้องทดสอบส่วนประกอบภายใต้ภาวะที่เกิดขึ้นในบริษัท จำนวนตัวอย่างที่ต้องการสำหรับการทดสอบโดยทั่วไปเท่ากับที่ใช้ในมาตรฐานที่เทียบเท่ากัน

1.5.3 อุปกรณ์ควบคุมความร้อน

อุปกรณ์ควบคุมความร้อนต้องทดสอบตามภาคผนวก ก.

1.5.4 หม้อแปลง

หม้อแปลงต้องเป็นไปตามข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องของมาตรฐานนี้ รวมถึงข้อกำหนดในภาคผนวก ค.

1.5.5 เคเบิลต่อระหว่างหน่วย

เคเบิลต่อระหว่างหน่วยที่เตรียมไว้เป็นส่วนหนึ่งของบริษัท ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องของมาตรฐานนี้และต้องไม่ทำให้เกิดอันตรายตามความหมายของมาตรฐานนี้ ไม่ว่าจะถอดได้หรือถอดไม่ได้ เคเบิลต่อระหว่างหน่วยที่เตรียมไว้ต่างหาก (เช่น สายเคเบิลพื้มพ์) ยอมให้ผู้ทำใช้ข้อกำหนดตามข้อ

1.5.5 เป็นทางเลือกได้

ยอมให้พิจารณาเคเบิลหรือส่วนใด ๆ ของเคเบิลที่อยู่ภายในเปลือกหุ้มบริษัทเป็นเคเบิลต่อระหว่างหน่วยหรือสายภายใน

1.5.6 ตัวเก็บประจุในวงจรปฐมภูมิ

ตัวเก็บประจุที่ต่อระหว่างตัวนำเฟส 2 สายของวงจรปฐมภูมิ หรือระหว่างตัวนำเฟสกับตัวนำเป็นกลาง ต้องเป็นไปตาม IEC 60384-14(1993) ประเภทย่อย X1 หรือ X2 ระยะเวลาของการทดสอบภาวะคงตัวของความร้อนขึ้นที่ระบุใน IEC 60384-14(1993) ข้อ 4.12 ต้องเป็น 21 วัน

ตัวเก็บประจุที่ต่อระหว่างวงจรปฐมภูมิกับดินป้องกันต้องเป็นไปตาม IEC 60384-14 (1993) ประเภทย่อย Y1 Y2 หรือ Y4 ตามความเหมาะสม

หมายเหตุ ข้อกำหนดข้างต้นไม่ใช้กับตัวเก็บประจุที่ต่อจากวงจรทุติยภูมิแรงดันไฟฟ้าอันตรายลงดิน สำหรับตัวเก็บประจุดังกล่าว การทดสอบความทนทานไฟฟ้าตามข้อ 5.2.2 ถือว่าเพียงพอ

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

1.5.7 ฉนวนคู่หรือฉนวนเสริมที่เชื่อมโยงกันโดยส่วนประกอบ

1.5.7.1 ทั่วไป

การเป็นไปตามข้อ 1.5.7.2 ถึงข้อ 1.5.7.4 ให้ปฏิบัติโดยการตรวจพินิจและการทดสอบที่เกี่ยวข้อง

1.5.7.2 ตัวเก็บประจุโยง

ยอมให้เชื่อมโยงฉนวนคู่หรือฉนวนเสริมด้วย

- ตัวเก็บประจุ 1 ตัวที่เป็นไปตาม IEC 60384-14(1993) ประเภทย่อย Y1 หรือ
- ตัวเก็บประจุ 1 ตัวที่เป็นไปตาม IEC 60384-14 (1993) ประเภทย่อย Y2 ในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดน้อยกว่า 150 V เมื่อเทียบกับสายกลางหรือดิน หรือ
- ตัวเก็บประจุ 2 ตัวต่ออนุกรมกัน แต่ละตัวเป็นไปตาม IEC 60384-14(1993) ประเภทย่อย Y2 หรือ Y4

ตัวเก็บประจุประเภทย่อย Y1 หรือ Y2 ที่กำหนดไว้ในยติภังค์ที่ 2 ถือว่าเป็นฉนวนเสริม

ในกรณีที่ใช้ตัวเก็บประจุ 2 ตัวต่ออนุกรมกัน ตัวเก็บประจุแต่ละตัวต้องมีพิกัดเท่ากับแรงดันไฟฟ้าทำงานทั้งหมดที่ต่อคร่อมทั้งคู่ และต้องมีค่าความจุที่ระบุเท่ากัน

1.5.7.3 ตัวต้านทานเชื่อมโยง

ยอมให้เชื่อมโยงจนวนคู่หรือจนวนเสริมด้วยตัวต้านทาน 2 ตัวต่ออนุกรมกัน ตัวต้านทานแต่ละตัวต้องเป็นไปตามข้อกำหนดในข้อ 2.10.3 และข้อ 2.10.4 ระหว่างขั้วปลายของตัวต้านทานสำหรับแรงดันไฟฟ้าทำงานทั้งหมดที่ต่อคร่อมทั้งคู่ สำหรับจนวนมูลฐานหรือจนวนเพิ่มเติม และต้องมีค่าความต้านทานที่ระบุเท่ากัน

1.5.7.4 ส่วนที่เข้าถึงได้

ในกรณีที่ส่วนนำไฟฟ้าหรือวงจรที่แตะต้องถึงแยกออกจากส่วนอื่นโดยจนวนคู่หรือจนวนเสริมซึ่งเชื่อมโยงกันโดยส่วนประกอบตามข้อ 1.5.7.2 หรือข้อ 1.5.7.3 ส่วนหรือวงจรที่เข้าถึงได้ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของวงจรจำกัดกระแสในข้อ 2.4 ใช้ข้อกำหนดเหล่านี้หลังทดสอบความทนทานไฟฟ้าของจนวน

1.5.8 ส่วนประกอบต่างๆ ในบริษัทสำหรับระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า IT

บริษัทซึ่งต่อเข้ากับระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า IT ส่วนประกอบที่ต่อระหว่างเฟสกับดินต้องสามารถทนความเค้นเนื่องจากแรงดันไฟฟ้าทำงานเท่ากับแรงดันไฟฟ้าเฟสถึงเฟส อย่างไรก็ตามตัวเก็บประจุซึ่งกำหนดพิคกไว้สำหรับใช้กับแรงดันไฟฟ้าเฟสถึงสายกลางยอมให้ใช้ในงานเช่นนั้นได้ถ้าเป็นไปตาม IEC 60384-14(1993) ประเภทย่อย Y1 Y2 หรือ Y4

หมายเหตุ 1. ตัวเก็บประจุข้างต้นทดสอบความทนทานที่ 1.7 เท่าของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดของตัวเก็บประจุ

หมายเหตุ 2. ไม่มีข้อความ

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

1.6 การเชื่อมต่อกำลังไฟฟ้า

1.6.1 ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ

ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งเป็น TN TT หรือ IT (ดูภาคผนวก ธ.)

1.6.2 กระแสไฟฟ้าเข้า

กระแสไฟฟ้าเข้าภาวะคงตัวของบริษัทต้องไม่เกินกระแสไฟฟ้าที่กำหนดมากกว่าร้อยละ 10 ภายใต้โหลดปกติ

หมายเหตุ ดูข้อ 1.4.10

การตรวจสอบให้ทำโดยการวัดกระแสไฟฟ้าเข้าของบริษัทที่โหลดปกติภายใต้เงื่อนไขต่อไปนี้

- ในกรณีที่บริษัทมีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดตั้งแต่ 1 ค่าขึ้นไป ให้วัดกระแสไฟฟ้าเข้าที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดแต่ละค่า
- ในกรณีที่บริษัทมีพิสัยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดตั้งแต่ 1 พิสัยขึ้นไป ให้วัดกระแสไฟฟ้าเข้าที่แต่ละจุดสุดพิสัยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด ในกรณีที่ทำเครื่องหมายกระแสไฟฟ้าที่กำหนดค่าเดียว (ดูข้อ 1.7.1) ให้เปรียบเทียบกับกระแสไฟฟ้าเข้าค่าสูงที่วัดได้ในพิสัยแรงดันไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง ในกรณีที่ทำเครื่องหมายกระแสไฟฟ้าที่กำหนด 2 ค่าแยกกันโดยใช้เครื่องหมาย “ - ” ให้เปรียบเทียบกับ 2 ค่าที่วัดได้ในพิสัยแรงดันไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง

ในแต่ละกรณีให้อ่านค่าเมื่อกระแสไฟฟ้าเข้ามีเสถียรภาพแล้ว ถ้ากระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงในระหว่างวัฏจักรการทำงานปกติ กระแสไฟฟ้าภาวะคงตัวให้ถือเอาค่าเฉลี่ยของค่าที่วัดได้โดยแอมป์มิเตอร์ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยแบบบันทึกค่า ในระหว่างคาบตัวแทน

1.6.3 ชีตจำกัดแรงดันไฟฟ้าของบริภัณฑ์มือถือ

แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดของบริภัณฑ์มือถือต้องไม่เกิน 250 โวลต์

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

1.6.4 ตัวนำเป็นกลาง

ตัวนำเป็นกลาง (ถ้ามี) ต้องกันด้วยฉนวนออกจากสายดินและตัวบริภัณฑ์โดยตลอดเสมือนตัวนำนี้เป็นตัวนำเฟส ส่วนประกอบที่ต่ออยู่ระหว่างสายกลางกับสายดินต้องมีพิกัดแรงดันไฟฟ้าทำงานเท่ากับแรงดันไฟฟ้าเฟสถึงสายกลาง

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

1.7 การทำเครื่องหมายและคำแนะนำ

หมายเหตุ ข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับการทำเครื่องหมายและคำแนะนำอยู่ในข้อย่อยและมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1.1.2 การเข้าถึงช่องบรรจุแบตเตอรี่โดยผู้ใช้

2.3.2 การแยกออกจากวงจรอื่นและออกจากส่วนที่แตะต้องถึง

2.6.1 ส่วนที่ไม่ต่อลงดินในพื้นที่ซึ่งผู้ซ่อมบำรุงเข้าถึง

2.6.2 การต่อลงดินตามหน้าที่

2.7.1 การป้องกันที่จัดเตรียมโดยระบบไฟฟ้าของอาคาร

2.7.6 การใช้ฟิวส์ในสายกลาง

3.2.1.2 การต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรง

3.3.7 การจัดกลุ่มของขั้วต่อสาย

3.4.6 การจัดเตรียมอุปกรณ์ปลดวงจรสองขั้ว

3.4.7 การจัดเตรียมอุปกรณ์ปลดวงจรสี่ขั้ว

3.4.9 เต้าเสียบที่เป็นอุปกรณ์ปลดวงจร

3.4.10 บริภัณฑ์ที่ต่อถึงกัน

3.4.11 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าหลายแหล่ง

4.1 เสถียรภาพของบริภัณฑ์

4.3.3 อุปกรณ์ควบคุมปรับตั้งได้

4.3.5 การต่อของเต้าเสียบและเต้ารับ

4.3.13.4 การเผยแพร่กายมนุษย์ต่อการแผ่รังสี UV

4.3.13.5 การจัดประเภทบริภัณฑ์ที่มีเลเซอร์

4.4.2 ส่วนเคลื่อนที่ที่ทำให้เกิดอันตราย

4.5.1 การทำเครื่องหมายส่วนที่ร้อน

4.6.2 บริภัณฑ์ประจำที่บนพื้นผิวที่เผาไหม้ไม่ได้

4.6.3 ประตูหรือฝาท่อที่ถอดได้

5.1.7 กระแสไฟฟ้าสัมผัสที่เกิน 3.5 มิลลิแอมแปร์

5.1.8.2 ผลรวมของกระแสไฟฟ้าสัมผัส

6.1.1 การป้องกันแรงดันไฟฟ้าอันตรายในบริภัณฑ์ที่ต่อกับโครงข่ายโทรคมนาคม

6.1.2.2 การต่อลงดินของบริภัณฑ์ที่ต่อกับโครงข่ายโทรคมนาคม

7.1 การป้องกันจากแรงดันไฟฟ้าอันตรายในบริภัณฑ์ที่ต่อกับระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล

7.3.1 การต่อลงดินสำหรับระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล

ข.2.1 การป้องกันเพิ่มเติมสำหรับบริภัณฑ์ที่ใช้ในระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าเกินประเภท III และ IV

หากมิได้กำหนดเป็นอย่างอื่น การเป็นไปตามข้อกำหนดของแต่ละข้อย่อยในข้อ 1.7 ให้ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจ (ดูข้อ 1.7.13)

1.7.1 พิกัดกำลังไฟฟ้า

บริษัทต้องมีการทำเครื่องหมายพิกัดกำลังไฟฟ้าซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อระบุแหล่งจ่ายที่มีแรงดันไฟฟ้าและความถี่ถูกต้องและมีวิสัยสามารถนำกระแสเพียงพอ

ถ้าหน่วยไม่ได้มีอุปกรณ์สำหรับต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับหรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรงโดยตรงก็ไม่จำเป็นต้องทำเครื่องหมายพิกัดทางไฟฟ้าใดๆ เช่น แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด กระแสไฟฟ้าที่กำหนด หรือความถี่ที่กำหนด

บริษัทที่มีเจตนาให้ติดตั้งโดยผู้ใช้เครื่อง การทำเครื่องหมายต้องเห็นได้ง่ายในพื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึงรวมถึงพื้นที่ใดๆ ที่มองเห็นโดยตรงเมื่อผู้ใช้เครื่องเปิดประตูหรือฝาคาบปิด ถ้าตัวเลือกแรงดันไฟฟ้าด้วยมือไม่อยู่ในพื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึง การทำเครื่องหมายต้องระบุแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดซึ่งตั้งไว้ในระหว่างการผลิต ยอมให้ใช้ฉลากชั่วคราวสำหรับจุดประสงค์นี้ ยอมให้ทำเครื่องหมายบนพื้นผิวนอกใดๆ ของบริษัท ยกเว้นด้านล่างของบริษัทที่มีมวลเกิน 18 กิโลกรัม นอกจากนี้ การทำเครื่องหมายบนบริษัทประจำที่ต้องสามารถเห็นได้หลังติดตั้งบริษัทในลักษณะใช้งานปกติ

บริษัทที่มีเจตนาให้ติดตั้งโดยผู้ซ่อมบำรุง และถ้าเครื่องหมายอยู่ในพื้นที่ซึ่งผู้ซ่อมบำรุงเข้าถึง ตำแหน่งของเครื่องหมายถาวรต้องระบุไว้ในข้อแนะนำการติดตั้งหรืออยู่บนฉลากที่เห็นได้ง่ายบนบริษัท ยอมให้ใช้ฉลากชั่วคราวสำหรับจุดประสงค์นี้

การทำเครื่องหมายต้องรวมถึงสิ่งต่อไปนี้

- แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด หรือพิสัยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด เป็นโวลต์
- พิสัยแรงดันไฟฟ้าต้องมีเครื่องหมาย “-” คั่นระหว่างแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดที่กำหนดกับแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่กำหนด ในกรณีที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดหลายค่าหรือพิสัยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดหลายพิสัย ต้องแยกออกจากกันโดยเครื่องหมาย “/”

หมายเหตุ 1. ตัวอย่างของการทำเครื่องหมายแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดเป็นดังต่อไปนี้

- พิสัยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด : 220-240 V หมายความว่าบริษัทออกแบบให้ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับที่มีแรงดันไฟฟ้าใดๆ ระหว่าง 220 โวลต์ ถึง 240 โวลต์
- แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดหลายค่า : 120/230/240 V หมายความว่าบริษัทออกแบบให้ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับที่มีแรงดันไฟฟ้าเป็น 120 โวลต์ หรือ 230 โวลต์ หรือ 240 โวลต์ ภายหลังการปรับตั้งภายใน

- ถ้าบริษัทต่อเข้ากับตัวนำเฟสทั้งสองและตัวนำเป็นกลางของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าเฟสเดียว 3 สาย การทำเครื่องหมายต้องแสดงแรงดันไฟฟ้าเฟสถึงสายกลางและแรงดันไฟฟ้าเฟสถึงเฟส แยกจากกันโดยเครื่องหมาย “/” พร้อมข้อความเพิ่มเติม เช่น “3 สายพร้อมสายดินป้องกัน” หรือ “3W+PE” หรือที่เทียบเท่ากัน

หมายเหตุ 2. ตัวอย่างของเครื่องหมายพิกัดของระบบข้างต้นได้แก่

120/240 V; 3 สาย + PE

120/240 V; 3W +  (60417-1-IEC-5019)

120/240 V; 2W + N + PE

- สัญลักษณ์สำหรับธรรมชาติของแหล่งจ่าย (สำหรับกระแสตรงเท่านั้น)
- ความถี่ที่กำหนดหรือพิสัยความถี่ที่กำหนด เป็นเฮิรตซ์ นอกจากว่าบริษัทผู้ออกแบบไว้สำหรับกระแสตรงเท่านั้น
- กระแสไฟฟ้าที่กำหนด เป็นมิลลิแอมแปร์ หรือแอมแปร์
 - บริษัทที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดหลายค่า ต้องทำเครื่องหมายกระแสไฟฟ้าที่กำหนดซึ่งสมนัยกันในลักษณะที่พิกัดกระแสที่แตกต่างกันแยกออกจากกันด้วยเครื่องหมาย “ / ” และความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดกับกระแสไฟฟ้าที่กำหนดปรากฏอย่างชัดเจน
 - บริษัทที่มีพิสัยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด ต้องทำเครื่องหมายด้วยกระแสไฟฟ้าที่กำหนดสูงสุดหรือพิสัยกระแสไฟฟ้า
 - การทำเครื่องหมายสำหรับกระแสไฟฟ้าที่กำหนดของกลุ่มหน่วยที่ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายเดียวกัน ต้องทำไว้บนหน่วยที่ต่อโดยตรงเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับหรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรง กระแสไฟฟ้าที่กำหนดซึ่งทำเครื่องหมายไว้บนหน่วยนั้นต้องเป็นกระแสไฟฟ้ารวมสูงสุดที่จ่ายผ่านหน่วยทุกหน่วยในกลุ่มขณะทำงานพร้อมกัน

หมายเหตุ 3. ตัวอย่างของเครื่องหมายกระแสไฟฟ้าที่กำหนดเป็นดังต่อไปนี้

- บริษัทที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดหลายค่า
120/240 V; 2.4/1.2 A
- บริษัทที่มีพิสัยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด
100-240 V; 2.8 A
100-240 V; 2.8-1.4 A
100-120 V; 2.8 A
200-240 V; 1.4 A
- ชื่อผู้ทำ เครื่องหมายการค้า หรือเครื่องหมายของผู้ทำ
- รุ่นหรือแบบอ้างอิงของผู้ทำ
- สัญลักษณ์  (60417-1-IEC-5172) สำหรับบริษัทประเภท II เท่านั้น

ยอมให้มีเครื่องหมายเพิ่มเติม หากไม่ทำให้เกิดการเข้าใจผิด

ในกรณีที่ใช้สัญลักษณ์ ต้องเป็นไปตาม ISO 7000 หรือ IEC 60417-1 แล้วแต่กรณี

1.7.2 ข้อแนะนำความปลอดภัย

ต้องจัดเตรียมข้อมูลที่เพียงพอให้ผู้ใช้เข้าใจถึงเงื่อนไขการใช้งานบริษัทโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายตามความหมายของมาตรฐานนี้ เมื่อมีการใช้งานตามที่ผู้ทำระบุ

ถ้าจำเป็นต้องมีการระวังป้องกันเป็นพิเศษเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดอันตรายขณะใช้งาน ติดตั้ง ซ่อมบำรุงขนส่ง หรือเก็บรักษาบริษัท ผู้ทำต้องจัดให้มีข้อแนะนำที่จำเป็น

หมายเหตุ 1. อาจจำเป็นต้องมีการระวังป้องกันเป็นพิเศษ เช่น ในการต่อบริษัทเข้ากับแหล่งจ่าย และการต่อระหว่างหน่วยของหน่วยแยก (ถ้ามี)

หมายเหตุ 2. ในกรณีที่เหมาะสม ข้อแนะนำการติดตั้งควรรวมถึงกฎการเดินสายด้วย

หมายเหตุ 3. ข้อแนะนำการบำรุงรักษา ปกติจะจัดไว้ให้เฉพาะผู้ซ่อมบำรุง

หมายเหตุ 4. ไม่มีข้อความ

ข้อแนะนำการใช้งาน และข้อแนะนำการติดตั้ง สำหรับบริษัทเสียบได้ที่มีเจตนาให้ผู้ใช้ติดตั้ง ต้องจัดเตรียมไว้ให้ผู้ใช้

เมื่ออุปกรณ์ปลดวงจรไม่รวมอยู่ในบริษัท (ดูข้อ 3.4.3) หรือเมื่อเต้าเสียบบนสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าเจตนาไว้เพื่อเป็นอุปกรณ์ปลดวงจร ข้อแนะนำการติดตั้งต้องระบุว่า

- ต้องติดตั้งอุปกรณ์ปลดวงจรที่เข้าถึงได้สะดวกในสายไฟฟ้าของอาคารสำหรับบริษัทต่ออย่างถาวร
- เต้ารับต้องติดตั้งใกล้บริษัทและต้องเข้าถึงได้ง่ายสำหรับบริษัทเสียบได้

สำหรับบริษัทซึ่งทำให้เกิดโอโซน ข้อแนะนำการติดตั้งและการใช้งานต้องอ้างอิงถึงความต้องการที่ต้องระมัดระวังให้มั่นใจว่าความเข้มข้นของโอโซนถูกจำกัดอยู่ที่ค่าปลอดภัย

หมายเหตุ 5. ชีตจำกัดการเผยแพร่เป็นเวลานานต่อโอโซนที่แนะนำในปัจจุบัน คือ 0.2 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.1 ส่วนในล้านส่วน) คำนวณเป็นความเข้มข้นเฉลี่ยต่อเวลา 8 ชั่วโมง (8 h time-weighted average concentration) ให้สังเกตว่าโอโซนหนักกว่าอากาศ

1.7.3 วัฏจักรการทำงานระยะสั้น

บริษัทที่มีเจตนาให้ทำงานระยะสั้นหรือทำงานเป็นพัก ๆ ต้องทำเครื่องหมายเวลาการทำงานที่กำหนดหรือเวลาการทำงานที่กำหนดกับเวลาพักที่กำหนดตามลำดับ นอกจากนี้เวลาการทำงานถูกจำกัดโดยการสร้าง หรือโดยบทนิยามของโหลดปกติของบริษัท

เครื่องหมายการทำงานระยะสั้นหรือการทำงานเป็นพัก ๆ ต้องสมนัยกับการทำงานปกติ

เครื่องหมายของการทำงานเป็นพัก ๆ ต้องอยู่ในลักษณะที่เวลาการทำงานที่กำหนดนำหน้าเวลาพักที่กำหนด เครื่องหมาย 2 เครื่องหมายแยกออกจากกันด้วยเครื่องหมาย “ / ”

1.7.4 การปรับตั้งแรงดันไฟฟ้าจ่าย

บริษัทที่มีเจตนาให้ต่อเข้ากับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดหรือความถี่ที่กำหนดหลายค่า ต้องอธิบายวิธีการปรับตั้งอย่างละเอียดไว้ในข้อแนะนำการซ่อมบำรุงหรือข้อแนะนำการติดตั้ง

นอกจากวิธีการปรับตั้งเป็นตัวเลือกอย่างง่ายใกล้กับเครื่องหมายพิกัดกำลังไฟฟ้า และการตั้งตัวควบคุมนี้เข้าใจได้ง่ายโดยการตรวจพินิจ ข้อแนะนำต่อไปนี้หรือที่คล้ายกันต้องปรากฏอยู่ใน หรือใกล้เครื่องหมายพิกัดกำลังไฟฟ้า

ดูข้อแนะนำการติดตั้ง

ก่อนต่อเข้ากับแหล่งจ่าย

1.7.5 เต้ารับจ่ายกำลังบนบริษัท

ถ้าผู้ใช้เครื่องเข้าถึงเต้ารับจ่ายกำลังแบบมาตรฐานใด ๆ ในบริษัท เครื่องหมายต้องวางอยู่ในบริเวณของเต้ารับจ่ายกำลังแบบมาตรฐานเพื่อแสดงโหลดสูงสุดที่ยอมให้ต่อเข้ากับเต้ารับ

เต้ารับที่เป็นไปตาม IEC 60083 เป็นตัวอย่างของเต้ารับจ่ายกำลังแบบมาตรฐาน

1.7.6 การระบุฟิวส์

เครื่องหมายต้องวางอยู่ใกล้กับที่ยึดฟิวส์แต่ละตัว หรือบนที่ยึดฟิวส์ หรือในที่อื่น หากสามารถเข้าใจได้ง่ายว่าเครื่องหมายนั้นใช้กับที่ยึดฟิวส์ตัวใด โดยให้รายละเอียดเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าที่กำหนดของฟิวส์ และแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดของฟิวส์ (ในกรณีที่สามารถใช้ฟิวส์ที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดได้หลายค่า)

ในกรณีที่ต้องใช้ฟิวส์ที่มีลักษณะเฉพาะที่มีการละลายเป็นพิเศษ เช่น เวลาหน่วงหรือวิสัยสามารถตัดกระแส ต้องระบุแบบไว้ด้วย

ฟิวส์ที่ไม่ได้อยู่ในพื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึงและสำหรับฟิวส์ที่บัดกรีไว้ภายในพื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึง ยอมให้ใช้การอ้างอิง (เช่น F1 F2 ฯลฯ) ที่ชัดเจนกับเอกสารซ่อมบำรุงซึ่งมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง
หมายเหตุ ดูข้อ 2.7.6 สำหรับคำเตือนอื่นที่เกี่ยวข้องกับผู้ซ่อมบำรุง

1.7.7 ขั้วต่อสาย

1.7.7.1 ขั้วต่อลงดินป้องกันและขั้วต่อเชื่อมต่อป้องกัน

ขั้วต่อสายซึ่งมีไว้สำหรับต่อตัวนำต่อลงดินป้องกัน ต้องระบุด้วยสัญลักษณ์  (60417-1-IEC-5019) สัญลักษณ์นี้ไม่ใช่สำหรับขั้วต่อลงดินอื่น

การทำเครื่องหมายขั้วต่อสำหรับตัวนำเชื่อมต่อป้องกันไม่ได้เป็นข้อกำหนด แต่เมื่อใดจะทำเครื่องหมายให้ใช้สัญลักษณ์  (60417-1-IEC-5017)

สถานการณ์ต่อไปนี้อยู่นอกเหนือจากข้อกำหนดข้างต้น

- กรณีที่ขั้วต่อสำหรับการต่อกับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าเตรียมไว้บนส่วนประกอบ (เช่น กล่องต่อสาย) หรือชุดประกอบย่อย (เช่น แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า) ยอมให้ใช้สัญลักษณ์  สำหรับขั้วต่อลงดินป้องกันแทนสัญลักษณ์ 
- บนชุดประกอบย่อยหรือส่วนประกอบ ยอมให้ใช้สัญลักษณ์  แทนสัญลักษณ์  หากไม่ทำให้เกิดความสับสน

สัญลักษณ์เหล่านี้ต้องไม่อยู่บนหมุดเกลียว หรือส่วนอื่นซึ่งอาจถอดออกไปขณะต่อตัวนำ

ข้อกำหนดนี้ใช้ได้กับขั้วต่อสำหรับการต่อตัวนำลงดินป้องกันไม่ว่าจะเดินเป็นส่วนรวมหน่วยกับสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าหรือกับตัวนำจ่าย

1.7.7.2 ขั้วต่อสำหรับตัวนำแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ

บริษัทต่ออย่างถาวรและบริษัทที่มีสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดไม่ได้

- ขั้วต่อซึ่งมีไว้สำหรับต่อตัวนำเป็นกลางแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับโดยเฉพาะ (ถ้ามี) ต้องระบุด้วยตัวอักษร พิมพ์ใหญ่ N และ
- บนบริษัท 3 เฟส ถ้าการหมุนเฟสที่ไม่ถูกต้องแล้วทำให้เกิดการร้อนเกินหรืออันตรายอื่น ขั้วต่อที่มีเจตนาให้ต่อตัวนำเฟสแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ ต้องทำเครื่องหมายในลักษณะที่ลำดับการหมุนของเฟสชัดเจน ไม่ว่าจะใช้กับข้อแนะนำการติดตั้งใด ๆ

สัญลักษณ์เหล่านี้ต้องไม่อยู่บนหมุดเกลียว หรือส่วนอื่นซึ่งอาจถอดออกไปขณะต่อตัวนำ

1.7.7.3 ขั้วต่อสำหรับตัวนำแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรง

บริษัทต่ออย่างถาวรและบริษัทที่มีสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดไม่ได้ ขั้วต่อซึ่งมีไว้สำหรับต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรงโดยเฉพาะ ต้องมีเครื่องหมายที่ระบุสภาพมีขั้ว

ถ้ามีขั้วต่อสายเดี่ยวที่เตรียมไว้ทั้งสำหรับเป็นขั้วต่อลงดินป้องกันหลักภายในบริษัทและสำหรับการต่อกับขั้วหนึ่งของแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรง ต้องมีเครื่องหมายตามที่ระบุในข้อ 1.7.7.1 นอกเหนือจากเครื่องหมายที่ระบุสภาพมีขั้ว

สัญลักษณ์เหล่านี้ต้องไม่อยู่บนหมุดเกลียว หรือส่วนอื่นซึ่งอาจถอดออกไปขณะต่อตัวนำ

1.7.8 อุปกรณ์ควบคุมและตัวขับเคลื่อน

1.7.8.1 การระบุที่ตั้งและการทำเครื่องหมาย

ถ้าจำเป็น ตัวขับเคลื่อน สวิตช์ และอุปกรณ์ควบคุมอื่น ซึ่งส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยต้องได้รับการระบุหรือวางในลักษณะที่ชัดเจนว่าหน้าที่ใดที่อุปกรณ์เหล่านี้ควบคุมเครื่องหมายและเครื่องขับเคลื่อนสำหรับสวิตช์และอุปกรณ์ควบคุมอื่นต้องอยู่ในตำแหน่งอย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้

- บนหรือใกล้สวิตช์หรืออุปกรณ์ควบคุม หรือ
- ที่อื่น หากเป็นที่เข้าใจได้ง่ายว่าเครื่องหมายใช้กับสวิตช์หรืออุปกรณ์ควบคุมใด

การขับเคลื่อนที่ใช้สำหรับจุดประสงค์นี้ต้องเข้าใจได้โดยตลอด โดยไม่ต้องใช้ความรู้ทางภาษา มาตรฐานระดับประเทศ ฯลฯ

1.7.8.2 สี

กรณีที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย สีของอุปกรณ์ควบคุมและตัวขับเคลื่อนต้องเป็นไปตาม IEC 60073 กรณีที่ใช้สีสำหรับอุปกรณ์ควบคุมหรือตัวขับเคลื่อนในตามหน้าที่ ยอมให้ใช้สีใดๆ รวมทั้งสีแดง หากเป็นที่ชัดเจนว่าไม่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย

1.7.8.3 สัญลักษณ์

ในกรณีที่ใช้สัญลักษณ์บนหรือใกล้อุปกรณ์ควบคุม (เช่น สวิตช์ และปุ่มกด) เพื่อขับเคลื่อนภาวะ “เปิด” (ON) และ “ปิด” (OFF) ต้องใช้สัญลักษณ์ “|” สำหรับ “เปิด” และสัญลักษณ์ “○” สำหรับ “ปิด” (60417-1-IEC-5007 และ 60417-1-IEC-5008) สำหรับสวิตช์แบบกด-กด (push-push type) ให้ใช้สัญลักษณ์ ① (60417-1-IEC-5010)

ยอมให้ใช้สัญลักษณ์ “○” และ “|” แสดงตำแหน่ง “ปิด” และ “เปิด” บนสวิตช์กำลังปฐมภูมิและทุติยภูมิ รวมทั้งสวิตช์แยกวงจร

ภาวะ “เตรียมพร้อม” (STAND-BY) ให้ระบุด้วยสัญลักษณ์ ② (60417-1-IEC-5009)

1.7.8.4 เครื่องหมายที่ใช้ตัวเลข

ถ้าใช้ตัวเลขสำหรับขับเคลื่อนตำแหน่งต่างๆ ที่แตกต่างกันของอุปกรณ์ควบคุมใดๆ ต้องระบุตำแหน่ง “ปิด” ด้วยเลข 0 (ศูนย์) และตัวเลขที่เพิ่มขึ้นใช้ขับเคลื่อนกำลังไฟฟ้าออก กำลังไฟฟ้าเข้า ที่เพิ่มขึ้น

1.7.9 การแยกแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าหลายแหล่ง

ในกรณีที่มีจุดต่อมากกว่าหนึ่งจุดใช้ป้อนแรงดันไฟฟ้าหรือแสดงระดับพลังงานอันตรายให้กับบริษัทเครื่องหมายซึ่งเห็นได้ง่ายอยู่ใกล้กับการเข้าถึงส่วนอันตรายของผู้ซ่อมบำรุง ต้องระบุว่าอุปกรณ์ปลดวงจรใด (1 ตัวหรือหลายตัว) แยกบริษัทโดยสมบูรณ์ และอุปกรณ์ปลดวงจรใดสามารถใช้แยกแต่ละส่วนของบริษัท

1.7.10 ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า IT

ถ้าบริษัทออกแบบหรือปรับปรุง (เมื่อต้องการ) ให้ต่อเข้ากับระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า IT ต้องระบุข้อแนะนำการติดตั้งบริษัทไว้ด้วย

1.7.11 เทอร์มอสแตตและอุปกรณ์คุมค่าอื่นๆ

เทอร์มอสแตตและอุปกรณ์คุมค่าที่คล้ายกันที่มีเจตนาให้ปรับตั้งในระหว่างการติดตั้งหรือการใช้งานปกติ ต้องมีการชี้บอกทิศทางการปรับตั้งเพื่อเพิ่มหรือลดค่าของลักษณะเฉพาะที่ปรับตั้ง ยอมให้ใช้การชี้บอกทิศด้วยสัญลักษณ์ “+” และ “-”

1.7.12 ภาษา

ข้อแนะนำและฉลากบนผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยต้องเป็นภาษาไทย

หมายเหตุ 1. เอกสารที่มีเจตนาให้ใช้เฉพาะผู้ซ่อมบำรุง ยอมให้เป็นภาษาอังกฤษอย่างเดียวได้

หมายเหตุ 2. ไม่มีข้อความ

1.7.13 ความคงทน

เครื่องหมายและข้อความซึ่งมาตรฐานนี้กำหนดให้แสดงต้องคงทนและอ่านง่าย ในการพิจารณาความคงทนของเครื่องหมาย ต้องคำนึงถึงผลของการใช้งานตามปกติ

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและโดยการถูเครื่องหมายด้วยมือเป็นเวลา 15 วินาทีด้วยผ้าชุมน้ำ และอีก 15 วินาทีด้วยเศษผ้าชุมปิโตรเลียมสปิริต (petroleum spirit) ภายหลังการทดสอบนี้ เครื่องหมายต้องอ่านได้ง่าย ต้องไม่สามารถเอาแผ่นเครื่องหมายออกโดยง่าย และต้องไม่ม้วนหรือโก่ง

ปิโตรเลียมสปิริตที่ใช้สำหรับการทดสอบ ได้แก่ ตัวทำละลายอะลิฟาติกเฮกเซน ที่มีปริมาณของแอโรแมติกสูงสุดร้อยละ 0.1 โดยปริมาตร ค่าเคอริบิวทานอล (kauributanol) เท่ากับ 29 จุดเดือดเริ่มต้นประมาณ 65 องศาเซลเซียส จุดแข็งประมาณ 69 องศาเซลเซียส และมวลต่อหน่วยปริมาตรประมาณ 0.7 กิโลกรัมต่อลิตร

1.7.14 ส่วนที่ถอดได้

เครื่องหมายที่กำหนดให้แสดงในมาตรฐานนี้ต้องไม่แสดงบนส่วนที่ถอดได้ซึ่งสามารถเปลี่ยนแทนในลักษณะที่จะทำให้เกิดการเข้าใจผิดในเครื่องหมายได้

1.7.15 แบตเตอรี่ที่เปลี่ยนแทนได้

ถ้าบริษัทใช้แบตเตอรี่ที่เปลี่ยนแทนได้ และถ้าการเปลี่ยนแบตเตอรี่ผิดประเภทอาจส่งผลให้เกิดการระเบิดได้ (เช่น แบตเตอรี่ลิเทียมบางประเภท) ให้ใช้ข้อกำหนดต่อไปนี้

- ถ้าแบตเตอรี่วางอยู่ในพื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึง ต้องมีเครื่องหมายใกล้แบตเตอรี่หรือมีข้อความที่ระบุไว้ทั้งในข้อแนะนำการใช้งานและข้อแนะนำการซ่อมบำรุง
- ถ้าแบตเตอรี่วางอยู่ที่อื่นในบริษัท ต้องมีเครื่องหมายใกล้แบตเตอรี่หรือมีข้อความในข้อแนะนำการซ่อมบำรุง

เครื่องหมายหรือข้อความต้องรวมข้อความต่อไปนี้หรือข้อความที่คล้ายกัน

คำเตือน

การเปลี่ยนแบตเตอรี่ผิดประเภทอาจเสี่ยงต่อการระเบิด

กำจัดแบตเตอรี่ที่ใช้แล้วตามข้อแนะนำ

1.7.16 การเข้าถึงของผู้ใช้เครื่องด้วยเครื่องมือ

ถ้าจำเป็นต้องใช้เครื่องมือการเข้าถึงพื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึง ช่องบรรจุอื่นทั้งหมดภายในพื้นที่นั้นซึ่งมีอันตรายต้องไม่สามารถเข้าถึงได้โดยผู้ใช้เครื่องด้วยการใช้เครื่องมือเดียวกัน หรือช่องบรรจุดังกล่าวต้องทำเครื่องหมายเพื่อห้ามผู้ใช้เครื่องเข้าถึง

เครื่องหมายแสดงอันตรายจากช็อกไฟฟ้าคือ  (ISO 3864 No.5036)

1.7.17 บริเวณสำหรับที่ตั้งที่เข้มงวดในการเข้าถึง

บริเวณที่มีเจตนาให้ติดตั้งในที่ตั้งที่เข้มงวดในการเข้าถึง ข้อเสนอแนะการติดตั้งต้องมีการบอกกล่าวถึงผลนี้

2. การป้องกันจากอันตราย

2.1 การป้องกันช็อกไฟฟ้าและพลังงานอันตราย

2.1.1 การป้องกันในพื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึง

หัวข้อนี้ระบุข้อกำหนดสำหรับการป้องกันช็อกไฟฟ้าจากส่วนที่ได้รับพลังงานไฟฟ้าบนพื้นฐานของหลัก การซึ่งยอมให้ผู้ใช้เครื่องเข้าถึง

- ส่วนเปลือยของวงจร SELV และ
- ส่วนเปลือยของวงจรจำกัดกระแส และ
- วงจร TNV ภายใต้ภาวะที่ระบุในข้อ 2.1.1.1

การเข้าถึงส่วนที่ได้รับพลังงานไฟฟ้าอื่น ๆ และการเข้าถึงฉนวนของส่วนเหล่านั้น มีข้อกำหนดตามที่ระบุ ในข้อ 2.1.1.1

ข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับการป้องกันพลังงานอันตรายได้ระบุไว้ในข้อ 2.1.1.5

2.1.1.1 การเข้าถึงส่วนที่ได้รับพลังงานไฟฟ้า

ต้องสร้างบริบทในลักษณะที่ในพื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึงมีการป้องกันอย่างเพียงพอต่อการสัมผัส กับ

- ส่วนเปลือยของวงจร ELV และ
- ส่วนเปลือยที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตราย และ
- ฉนวนตามหน้าที่หรือฉนวนมูลฐานของส่วนหรือสายไฟฟ้าในวงจร ELV ยกเว้นที่ยอมให้ตาม ข้อ 2.1.1.3 และ
- ฉนวนตามหน้าที่หรือฉนวนมูลฐานของส่วนหรือสายไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตราย และ
หมายเหตุ 1. ฉนวนตามหน้าที่ในที่นี้ให้รวมถึงฉนวน เช่น แล็กเกอร์ อีแนนเมลในตัวทำละลาย กระจก กระจก ฝ้า และฟิล์มออกไซด์หรือฉนวนกระจัด (displaceable insulation) เช่น ลูกบิด และสารประกอบพนักที่นอกเหนือจากเรซินที่แข็งตัวได้เอง
- ส่วนนำไฟฟ้าที่ไม่ต่อลงดินซึ่งแยกออกจากวงจร ELV หรือออกจากส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตราย ด้วยฉนวนตามหน้าที่หรือฉนวนมูลฐานเท่านั้น และ
- ส่วนเปลือยของวงจร TNV ยกเว้นส่วนที่ยอมให้เข้าถึงได้
 - หน้าสัมผัสของตัวต่อซึ่งไม่สามารถสัมผัสได้ด้วยโพรบทดสอบ (รูปที่ 2ค)
 - ส่วนนำไฟฟ้าเปลือยภายในช่องบรรจุแบตเตอรี่ ซึ่งเป็นไปตามข้อ 2.1.1.2
 - ส่วนนำไฟฟ้าเปลือยของวงจร TNV-1 ที่มีจุดใดๆ ต่อกับข้อ 2.6.1 จ) เข้ากับขั้วต่อลงดิน ป้องกัน
 - ส่วนนำไฟฟ้าเปลือยของตัวต่อในวงจร TNV-1 ที่แยกออกจากส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึงและ ไม่ต่อลงดินของบริบทตามข้อ 6.2.1

หมายเหตุ 2. แบบอย่างการใช้งานคือเปลือกหุ้มของตัวต่อร่วมแกน

หมายเหตุ 3. ในบางกรณี การเข้าถึงวงจร TNV-1 และ TNV-3 โดยผ่านทางวงจรอื่นมีข้อกำหนดตามข้อ 6.2.1

ไม่มีข้อกำหนดการเข้าถึงสำหรับวงจรจำกัดกระแส

ข้อกำหนดนี้ใช้กับทุกตำแหน่งของบริษัท เมื่อเดินสายและทำงานในลักษณะใช้งานตามปกติ การป้องกันต้องใช้วิธีการฉนวนหรือการป้องกันหรือการใช้อินเตอร์ล็อก การตรวจสอบให้ทำโดยการทดสอบทุกข้อต่อไปนี้

ก) โดยการตรวจพินิจ

ข) โดยการทดสอบด้วยนิ้วทดสอบตามรูปที่ 2ก นิ้วทดสอบนี้ต้องไม่สัมผัสกับส่วนซึ่งอธิบายไว้ข้างต้น เมื่อแต่ละลงบนช่องเปิดของเปลือกหุ้มหลังจากเอาส่วนที่ผู้ใช้เครื่องถอดได้รวมทั้งที่ยึดฟิวส์ออก และประกบกับฝาครอบที่ผู้ใช้เครื่องเข้าถึงเปิดอยู่ ทั้งนี้ยอมให้หลอดคงอยู่ในตำแหน่ง สำหรับการทดสอบนี้ ตัวต่อที่ผู้ใช้เครื่องสามารถถอดแยกได้นอกเหนือจากเต้าเสียบและเต้ารับที่เป็นไปตาม IEC 60083 ต้องทดสอบในระหว่างการปลดวงจรด้วย

ค) โดยการทดสอบด้วยหมุดทดสอบ ตามรูปที่ 2ข หมุดทดสอบนี้ต้องไม่สัมผัสกับส่วนนำไฟฟ้าเปลือย ที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตราย เมื่อแต่ละลงบนช่องเปิดของเปลือกหุ้มทางไฟฟ้าภายนอก ทั้งนี้ให้ปล่อย ส่วนที่ผู้ใช้เครื่องถอดได้รวมทั้งที่ยึดฟิวส์และหลอดไว้ในตำแหน่งพร้อมทั้งให้ปิดประตูและฝาครอบ ที่ผู้ใช้เครื่องเข้าถึงได้ ในระหว่างการทดสอบนี้

ง) โดยการทดสอบด้วยโพรบทดสอบ ตามรูปที่ 2ค ในกรณีที่เหมาะสม

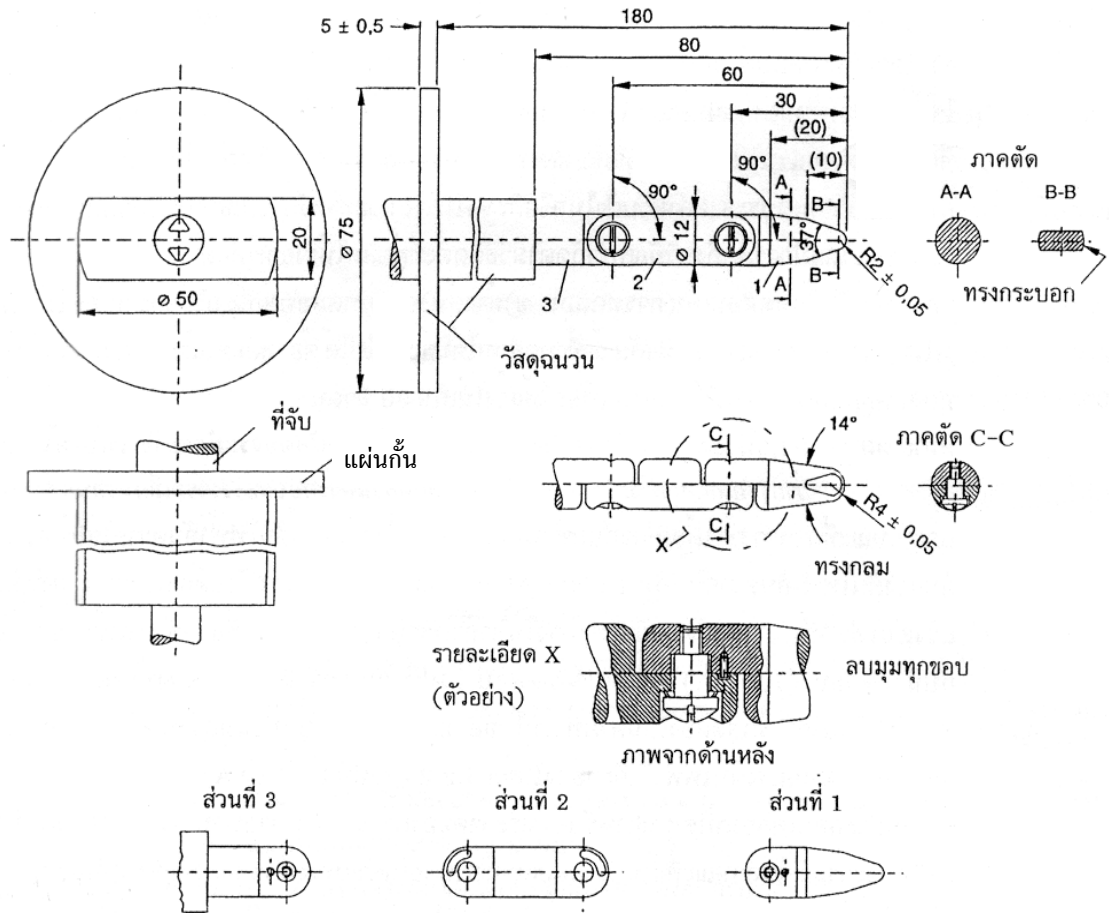
ให้ใช้นิ้วทดสอบ หมุดทดสอบ และโพรบทดสอบตามข้างต้นในทุกตำแหน่งที่เป็นไปได้โดยไม่ใช้แรง มากนัก ยกเว้นในกรณีของบริษัทตั้งพื้นที่มีมวลเกิน 40 กิโลกรัม ให้ทดสอบโดยไม่ต้องเอียงบริษัท บริษัทที่มีเจตนาให้ฝังในหรือติดตั้งในรางหรือรวมเข้ากับบริษัทที่ใหญ่กว่า ให้ทดสอบโดยมีการเข้าถึงบริษัทจำกัดตามวิธีติดตั้งที่ทำให้รายละเอียด

ให้ทดสอบช่องเปิดที่กั้นนิ้วทดสอบเข้า (การทดสอบ ข) ข้างต้น) ต่อไปโดยใช้นิ้วทดสอบไม่มีข้อรูปร่าง ตรง กดด้วยแรง 30 นิวตัน ถ้านิ้วทดสอบไม่มีข้อเข้าไปได้ ต้องทดสอบข้อ ข) ซ้ำ ยกเว้นกดนิ้วทดสอบ ผ่านเข้าไปในช่องเปิดได้โดยใช้แรงไม่เกิน 30 นิวตัน

หมายเหตุ 4. ถ้าใช้ตัวชี้บอกการสัมผัสทางไฟฟ้าเพื่อแสดงการสัมผัส ต้องระมัดระวังเพื่อให้มั่นใจว่าการทดสอบไม่ ทำความเสียหายให้แก่ส่วนประกอบของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ข้อกำหนดข้างต้นเกี่ยวกับการสัมผัสกับส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายใช้ได้เฉพาะกับแรงดันไฟฟ้า อันตรายไม่เกิน 1 000 โวลต์กระแสสลับ หรือ 1 500 โวลต์กระแสตรง สำหรับแรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่านี้ ไม่ยอมให้มีการสัมผัสและต้องมีระยะห่างในอากาศระหว่างส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายกับนิ้ว ทดสอบ (รูปที่ 2ก) หรือหมุดทดสอบ (รูปที่ 2ข) ขณะวางไว้ในตำแหน่งที่ให้ผลเร็วที่สุด ช่องว่างใน อากาศนี้ต้องมีระยะต่ำสุดเท่ากับระยะห่างในอากาศต่ำสุดสำหรับฉนวนมูลฐานตามที่ระบุในข้อ 2.10.3 หรือต้องทนการทดสอบความทนทานไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องเนื่องในข้อ 5.2.2 (ดูรูปที่ ฉ.12 จุด A)

ถ้าส่วนประกอบเคลื่อนที่ได้ เช่น สำหรับจุดประสงค์เพื่อปรับความตึงของสายพาน การทดสอบด้วยนิ้ว ทดสอบจะกระทำในลักษณะที่ส่วนประกอบแต่ละส่วนอยู่ในตำแหน่งที่ให้ผลเร็วที่สุดในฟิลล์ของ การปรับตั้ง ให้ถอดสายพานออก (ถ้าจำเป็น) สำหรับวัตถุประสงค์นี้



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของมิติที่ไม่มีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนจำเพาะ

- ขอบมุม 14° และ 37° : $\pm 15'$
- ขอรัดมี : $\pm 0.1 \text{ mm}$
- ขอมิติเชิงเส้น
 - $\leq 15 \text{ mm}$: 0 mm
 - $> 15 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm}$: $\pm 0.1 \text{ mm}$
 - $> 25 \text{ mm}$: $\pm 0.3 \text{ mm}$

วัสดุที่ใช้ทำนี้ : ตัวอย่างเช่น เหล็กกล้าผ่านกรรมวิธีทางความร้อน

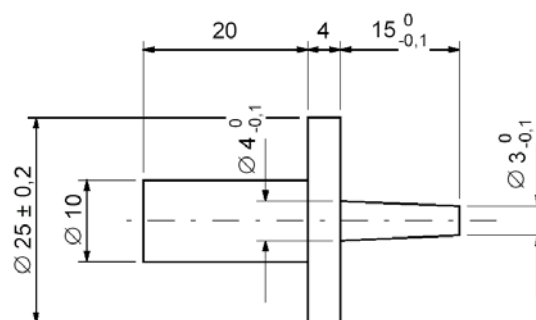
ข้อทั้งสองของนี้สามารถตัดโค้งเป็นมุม $90^\circ \begin{smallmatrix} +10^\circ \\ 0 \end{smallmatrix}$ แต่ต้องอยู่ในทิศทางเดียวกันเท่านั้น

หมายเหตุ 1. การใช้การแก้ปัญหาโดยหมุดและร่องเป็นเพียงวิธีที่เป็นไปได้วิธีหนึ่งเท่านั้นเพื่อจำกัดการตัดโค้งไว้ที่ 90° ด้วยเหตุนี้มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของรายละเอียดเหล่านี้จึงไม่ได้ให้ไว้ในแบบเขียน การออกแบบจริงต้องมั่นใจว่ามุมตัดโค้ง 90° มีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน 0° ถึง $+10^\circ$

หมายเหตุ 2. ค่าในวงเล็บเป็นเพียงคำแนะนำ

หมายเหตุ 3. นี้นวดสอบนำมาจาก IEC 61032 รูปที่ 2 โพรบทดสอบ B ในบางกรณีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนอาจแตกต่างกันได้

รูปที่ 2ก นี้นวดสอบ

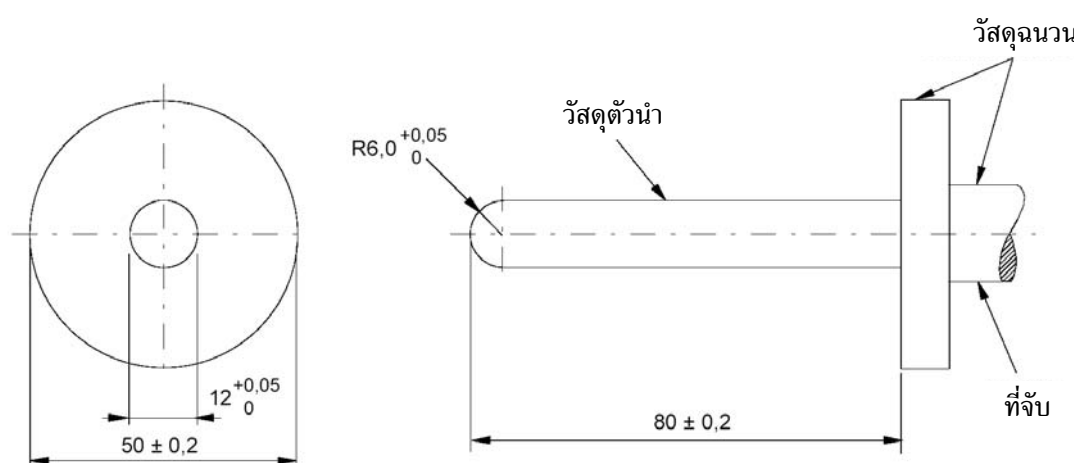


หน่วยเป็นมิลลิเมตร

มิติของที่จับ ($\varnothing 10$ และ 20) ไม่มีความสำคัญ

หมายเหตุ มิติของหมุดทดสอบนำมาจาก IEC 61032 รูปที่ 8 โพรบทดสอบ 13 ในบางกรณีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนอาจแตกต่างกันได้

รูปที่ 2 ข หมุดทดสอบ



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 2 ค โพรบทดสอบ

2.1.1.2 ช่องบรรจุแบตเตอรี่

ยอมให้เข้าถึงส่วนนำไฟฟ้าเปลือยของวงจร TNV ภายในช่องบรรจุแบตเตอรี่ในบริษัทที่ได้ถ้าเป็นไปตามทุกเงื่อนไขต่อไปนี้

- ช่องบรรจุมีประตูซึ่งต้องใช้เทคนิคที่ไตร่ตรองแล้วในการเปิด เช่นการใช้เครื่องมือ หรืออุปกรณ์ถอดสลัก และ
- แต่ละตัววงจร TNV ไม่ถึงเมื่อปิดประตู และ
- มีเครื่องหมายถัดจากประตู หรือบนประตู ถ้าประตูติดเข้ากับบริษัทอย่างมั่นคงโดยมีข้อแนะนำสำหรับการป้องกันผู้ใช้ในกรณีที่ประตูเปิด

หมายเหตุ ข้อมูลที่บอกว่าต้องปลดสายโทรศัพท์ก่อนเปิดประตูเป็นตัวอย่างของข้อแนะนำที่ยอมรับได้ การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2.1.1.3 การเข้าถึงสาย ELV

ยอมให้ผู้ใช้อุปกรณ์เข้าถึงฉนวนของสายภายในวงจร ELV ได้ หาก

- ก) ฉนวนเป็นไปตามข้อกำหนดของฉนวนเพิ่มเติมที่ให้รายละเอียดไว้ในข้อ 3.1.4 หรือ
- ข) เป็นดังต่อไปนี้ทุกข้อ
- สายไม่จำเป็นต้องดูแลโดยผู้ใช้เครื่องและวางในลักษณะที่ผู้ใช้เครื่องมือไม่ถึง หรือติดตั้งในลักษณะที่จุดต่อได้รับการคลายจากความเครียด และ
 - สายวางและติดตั้งในลักษณะที่ไม่สัมผัสส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึงที่ไม่ต้องลงดิน และ
 - ฉนวนเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบความทนทานไฟฟ้า ข้อ 5.2.2 สำหรับฉนวนเพิ่มเติม และ
 - ระยะผ่านฉนวนไม่น้อยกว่าที่กำหนดในตารางที่ 2ก

ตารางที่ 2ก ระยะผ่านฉนวนของสายภายใน
(ข้อ 2.1.1.3)

แรงดันไฟฟ้าทำงาน (ในกรณีที่มีฉนวนมูลฐานล้มเหลว)		ระยะต่ำสุดผ่านฉนวน
V ค่ายอดหรือ d.c.	V r.m.s. (ไซน์ซายด์)	mm
> 71 และ ≤ 350	> 50 และ ≤ 250	0.17
> 350	> 250	0.31

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด และโดยการทดสอบตามข้อ 5.2.2

2.1.1.4 การเข้าถึงสายไฟฟ้าของวงจรแรงดันไฟฟ้าอันตราย

ฉนวนของสายภายในที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายที่ผู้ใช้เครื่องเข้าถึงหรือไม่ได้วางและติดตั้งเพื่อป้องกันการสัมผัสกับส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึงที่ไม่ต้องลงดิน ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 3.1.4 สำหรับฉนวนคู่หรือฉนวนเสริม

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด และถ้าจำเป็นโดยการทดสอบ

2.1.1.5 พลังงานอันตราย

ต้องไม่มีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บเนื่องจากพลังงานอันตรายในพื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึง

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด และถ้าจำเป็นโดยการทดสอบ

- ก) ความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บเนื่องจากพลังงานอันตรายอาจเกิดขึ้นถ้ามีการเชื่อมโยงกันด้วยวัตถุโลหะข้ามส่วนเปลี่ยนสองส่วนหรือมากกว่า ซึ่งระหว่างส่วนเปลี่ยนนั้นมีระดับพลังงานอันตราย (หนึ่งในส่วนเปลี่ยนนี้อาจต้องลงดิน)
- ข) ให้พิจารณาความเป็นไปได้ในการเชื่อมโยงกันของส่วนเปลี่ยนด้วยวิธีนี้ทดสอบตามรูปที่ 2ก (ดูข้อ 2.1.1.1) ในตำแหน่งตั้งตรง เมื่อใช้นี้ทดสอบโดยปราศจากแรงตึงไม่สามารถทำให้เกิดการเชื่อมต่อกัน
- ค) ให้พิจารณาว่ามีระดับพลังงานอันตราย เมื่อ
- 1) ให้บริษัททำงานภายใต้ภาวะการทำงานปกติ ต่อโหลดความต้านทานปรับค่าได้เข้าระหว่างส่วนที่กำลังพิจารณาและปรับตั้งให้ได้ค่า 240 โวลต์แอมแปร์ ถ้าจำเป็นให้ปรับตั้งค่าได้อีกเพื่อคงค่าที่ 240 โวลต์แอมแปร์ เป็นเวลา 60 วินาที ถ้าแรงดันไฟฟ้ามีค่า 2 โวลต์หรือ

มากกว่า กำลังไฟฟ้าขาออกนี้ถือว่ามีระดับพลังงานอันตราย ยกเว้นมีการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินในระหว่างการทดสอบข้างต้นหรือด้วยเหตุใด ๆ ก็ตามที่ทำให้ไม่สามารถคงค่าที่ 240 โวลต์แอมแปร์ เป็นเวลา 60 วินาทีได้

- 2) พลังงานที่สะสมในตัวเก็บประจุถือว่ามีความเสี่ยงอันตราย ถ้าแรงดันไฟฟ้า U มีค่า 2 โวลต์หรือมากกว่า และพลังงานที่สะสม E มีค่ามากกว่า 20 จูล เมื่อคำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$E = 0.5 CU^2 \times 10^{-6}$$

เมื่อ

E คือ พลังงาน เป็น จูล

C คือ ความจุไฟฟ้า เป็น ไมโครฟารัด

U คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าคร่อมตัวเก็บประจุที่วัดได้ เป็น โวลต์

2.1.1.6 อุปกรณ์ควบคุมด้วยมือ

ต้องไม่ต่อแกนที่นำไฟฟ้าได้ของปุ่ม ที่จับ คันโยกและที่คล้ายกัน เข้ากับส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตราย วงจร ELV หรือวงจร TNV

โดยที่ที่จับ คันโยก หรือปุ่มควบคุม และสิ่งที่คล้ายกันซึ่งนำไฟฟ้าได้ที่ต้องเคลื่อนที่โดยใช้มือในการใช้งานปกติซึ่งต้องลงดินผ่านจุดหมุนหรือรองลื่นเท่านั้น ต้องเป็นอย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้

- แยกออกจากส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายโดยฉนวนคู่หรือฉนวนเสริม หรือ
- คลุมด้วยฉนวนเพิ่มเติมตลอดส่วนที่เข้าถึงได้

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2.1.1.7 การปล่อยประจุของตัวเก็บประจุในบริษัท

ต้องออกแบบบริษัทให้จุดปลดวงจรภายนอกของแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับหรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรงไม่มีความเสี่ยงต่อช็อกไฟฟ้าจากประจุที่สะสมอยู่ในตัวเก็บประจุซึ่งต่ออยู่ในบริษัท

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจบริษัทและแผนภาพวงจรที่เกี่ยวข้อง โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ของตำแหน่งสวิตช์ “เปิด/ปิด” ระหว่างการปลดวงจร

ให้ถือว่าบริษัทเป็นไปตามข้อกำหนด ถ้าตัวเก็บประจุใด ๆ มีความจุไฟฟ้าที่ระบุหรือทำเครื่องหมายไว้เกิน 0.1 ไมโครฟารัดและอยู่ในวงจรที่ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับหรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรง มีค่าเวลาคงตัวของ การปล่อยประจุไม่เกิน

- 1 วินาที สำหรับบริษัทเสี่ยงได้ประเภท A และ
- 10 วินาที สำหรับบริษัทต่ออย่างถาวร และบริษัทเสี่ยงได้ประเภท B

ค่าเวลาคงตัวที่เกี่ยวข้อง คือผลคูณของค่าความจุไฟฟ้ายังผล (หน่วยเป็นไมโครฟารัด) กับค่าความต้านทานปล่อยประจุยังผล (หน่วยเป็นเมกะโอห์ม) ถ้าเป็นการยากที่จะหาค่าความจุไฟฟ้าและค่าความต้านทานยังผล สามารถใช้วิธีการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ลดลง ณ จุดปลดวงจรภายนอกหมายเหตุ ในระหว่างช่วงเวลาเท่ากับ 1 ค่าเวลาคงตัว แรงดันไฟฟ้าจะลดลงเหลือร้อยละ 37 ของค่าเดิม

2.1.2 การป้องกันในพื้นที่ซึ่งผู้ซ่อมบำรุงเข้าถึง

ในพื้นที่ซึ่งผู้ซ่อมบำรุงเข้าถึงให้ใช้ข้อกำหนดต่อไปนี้

ส่วนเปลือกที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายต้องวางอยู่ในตำแหน่งหรือได้รับการป้องกันในลักษณะที่การสัมผัสโดยไม่เจตนาบางส่วนเหล่านั้นมักไม่เกิดขึ้นในระหว่างการปฏิบัติการซ่อมบำรุงที่เกี่ยวข้องกับส่วนอื่นของบริเวณ

ส่วนเปลือกที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายต้องจัดวางหรือได้รับการป้องกันในลักษณะที่การลัดวงจรสู่วงจร SELV หรือวงจร TNV โดยบังเอิญมักไม่เกิดขึ้น ตัวอย่างเช่นเครื่องมือหรือโพรบทดสอบที่ใช้โดยผู้ซ่อมบำรุง

ไม่มีข้อกำหนดระบุไว้เกี่ยวกับการเข้าถึงวงจร ELV หรือวงจร TNV อย่างไรก็ตามส่วนเปลือกที่มีระดับพลังงานอันตรายต้องจัดวางหรือป้องกันในลักษณะที่เชื่อมโยงถึงกันด้วยวัสดุตัวนำโดยไม่เจตนา มักไม่เกิดขึ้นในระหว่างการซ่อมบำรุงที่เกี่ยวข้องกับส่วนอื่นของบริเวณ

ตัวป้องกันใดๆ เพื่อให้เป็นไปตามข้อ 2.1.2 ต้องถอดและเปลี่ยนทดแทนได้ง่าย ถ้าจำเป็นต้องถอดเพื่อการซ่อมบำรุง

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด ในการตัดสินใจว่าการสัมผัสโดยไม่เจตนาเกิดขึ้นได้หรือไม่ ให้พิจารณาถึงวิธีการที่ผู้ซ่อมบำรุงต้องใช้ในการผ่านหรือเข้าใกล้ส่วนเปลือกเพื่อซ่อมบำรุงส่วนอื่น สำหรับการพิจารณาระดับพลังงานอันตรายให้ดูข้อ 2.1.1.5 ค)

2.1.3 การป้องกันในที่ซึ่งผู้เข้าถึง

บริเวณที่ติดตั้งในที่ซึ่งผู้เข้าถึง ให้ใช้ข้อกำหนดสำหรับพื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึง ยกเว้นในส่วนที่ยอมให้ดังต่อไปนี้

- ถ้าใช้วงจรทุติยภูมิที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายเพื่อป้อนเครื่องกำเนิดสัญญาณเรียกที่เป็นไปตามข้อ 2.3.1 ข) ยอมให้นิวทดสอบตามรูปที่ 2ก (ดูข้อ 2.1.1.1) สัมผัสกับส่วนเปลือกของวงจรได้ อย่างไรก็ตามส่วนดังกล่าวต้องจัดวางในตำแหน่งหรือได้รับการป้องกันในลักษณะที่การสัมผัสโดยไม่เจตนา มักไม่เกิดขึ้น
- ส่วนเปลือกที่อยู่ในระดับพลังงานอันตรายต้องจัดวางในตำแหน่งหรือได้รับการป้องกันเพื่อให้การเชื่อมโยงถึงกันโดยไม่เจตนาจากวัสดุตัวนำมักไม่เกิดขึ้น
- ไม่มีข้อกำหนดระบุไว้เกี่ยวกับการสัมผัสกับส่วนเปลือกของวงจร TNV-1 วงจร TNV-2 และวงจร TNV-3

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด ในการตัดสินใจว่าการสัมผัสโดยไม่เจตนาเกิดขึ้นหรือไม่นั้นให้พิจารณาถึงวิธีการที่ผู้ซ่อมบำรุงต้องการผ่านเข้าไป หรือเข้าใกล้ส่วนเปลือก สำหรับการพิจารณาระดับพลังงานอันตรายดูข้อ 2.1.1.5 ค)

2.2 วงจร SELV

2.2.1 ข้อกำหนดทั่วไป

วงจร SELV ต้องมีแรงดันไฟฟ้าที่แสดงว่าปลอดภัยที่จะสัมผัสได้ทั้งภายใต้ภาวะการทำงานปกติและหลังภาวะผิดปกติ (ดูข้อ 1.4.14) ถ้าไม่มีโหนดภายนอกต่อเข้ากับวงจร SELV (วงจรเปิด) ชีตจำกัดแรงดันไฟฟ้าต้องไม่เกินค่าที่กำหนดในข้อ 2.2.2 และ 2.2.3

การตรวจสอบการเป็นไปตามข้อกำหนดตามข้อ 2.2.1 ถึงข้อ 2.2.4 ให้ทำโดยการตรวจพินิจและการทดสอบที่เกี่ยวข้อง

2.2.2 แรงดันไฟฟ้าภายใต้ภาวะปกติ

ในวงจร SELV เดี่ยวหรือ ในวงจร SELV ต่อกันระหว่างหน่วย แรงดันไฟฟ้าระหว่างตัวนำสองตัวใด ๆ ของวงจร SELV เดี่ยวหรือหลายวงจร และระหว่างตัวนำดังกล่าวตัวใดตัวหนึ่งกับดิน (ดูข้อ 1.4.9) ต้องไม่เกิน 42.4 โวลต์ค่ายอด หรือ 60 โวลต์กระแสตรง ภายใต้ภาวะการทำงานปกติ

หมายเหตุ วงจร TNV-1 คือวงจรซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดข้างต้น แต่ได้รับแรงดันไฟฟ้าเกินจากโครงข่ายโทรคมนาคมหรือระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล

2.2.3 แรงดันไฟฟ้าภายใต้ภาวะผิดปกติ

ยกเว้นที่ยอมให้ตามข้อ 2.3.2 ในเหตุการณ์ผิดปกติเพียงเดียว (ดูข้อ 1.4.14) แรงดันไฟฟ้าระหว่างตัวนำสองตัวใด ๆ ของวงจร SELV เดี่ยวหรือหลายวงจร และระหว่างตัวนำดังกล่าวตัวใดตัวหนึ่งกับดิน (ดูข้อ 1.4.9) ต้องไม่เกิน 42.4 โวลต์ค่ายอด หรือ 60 โวลต์กระแสตรง เป็นเวลานานกว่า 0.2 วินาที และต้องไม่เกินขีดจำกัด 71 โวลต์ค่ายอด หรือ 120 โวลต์กระแสตรง

ยกเว้นที่ยอมให้ในข้อ 2.2.4 ให้ใช้วิธีใดวิธีหนึ่งตามที่ระบุในข้อ 2.2.3.1 ข้อ 2.2.3.2 หรือข้อ 2.2.3.3 ยอมให้ผู้ใช้อุปกรณ์เข้าถึงบางส่วนของวงจร (เช่น วงจรหม้อแปลงเรียงกระแส) ที่เป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับวงจร SELV ทั้งหมดได้ และไม่ยอมให้ผู้ใช้อุปกรณ์เข้าถึงส่วนอื่นของวงจรเดียวกันที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับวงจร SELV ทั้งหมด

2.2.3.1 การแยกโดยฉนวนคู่หรือฉนวนเสริม (วิธีที่ 1)

ในกรณีที่วงจร SELV แยกออกจากวงจรอื่นโดยฉนวนคู่หรือฉนวนเสริมเท่านั้น ต้องใช้วิธีสร้างอย่างใดอย่างหนึ่ง ต่อไปนี้

- จัดให้มีการแยกถาวรโดยมีตัวกั้นแนว การวางสายหรือการยึดติด หรือ
- จัดให้มีการฉนวนสำหรับการเดินสายในบริเวณใกล้เคียงที่เกี่ยวข้องเนื่องทั้งหมดที่ผลิตแรงดันไฟฟ้าทำงานสูงสุดที่มีอยู่ หรือ
- จัดให้มีการฉนวนสำหรับการเดินสายของวงจร SELV หรือวงจรอื่น ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดด้านการฉนวนสำหรับฉนวนเพิ่มเติมหรือฉนวนเสริมตามความเหมาะสม สำหรับแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่มีอยู่ หรือ
- จัดให้มีการเพิ่มเติมชั้นฉนวน สำหรับการเดินสายของวงจร SELV หรือวงจรอื่นเมื่อมีความต้องการ หรือ
- จัดให้มีหม้อแปลง 2 ตัวต่อเรียงกัน (tandem) โดยที่ตัวหนึ่งทำหน้าที่ให้การฉนวนมูลฐานและอีกตัวหนึ่งทำหน้าที่ให้การฉนวนเพิ่มเติม หรือ
- ใช้วิธีการอื่นที่ให้การฉนวนเทียบเท่ากัน

2.2.3.2 การแยกโดยที่กั้นที่ต่อลงดิน (วิธีที่ 2)

กรณีที่วงจร SELV แยกออกจากส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายด้วยที่กั้นที่ต่อลงดิน หรือส่วนนำไฟฟ้าอื่นที่ต่อลงดิน ส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายต้องแยกออกจากส่วนที่ต่อลงดินด้วยฉนวนมูลฐาน ส่วนที่ต่อลงดินต้องเป็นไปตามข้อ 2.6

2.2.3.3 การป้องกันโดยการต่อลงดินของวงจร SELV (วิธีที่ 3)

ส่วนของวงจร SELV ที่ได้รับการป้องกันโดยการต่อลงดินต้องต่อเข้ากับขั้วต่อลงดินป้องกันในลักษณะที่เป็นไปตามข้อกำหนดของข้อ 2.2.3 ด้วยอิมพีแดนซ์สัมพัทธ์ของวงจร (relative circuit impedance) หรือโดยการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันหรือทั้งสองอย่าง ยกเว้นที่ยอมให้ตามข้อ 2.3.2 ส่วนของวงจร SELV ต้องแยกออกจากส่วนของวงจรที่ไม่ใช่วงจร SELV อื่นด้วยฉนวนมูลฐาน วงจร SELV ต้องมีวิสัยสามารถนำกระแสผิดพลาดเพียงพอเพื่อให้มั่นใจในการทำงานของอุปกรณ์ป้องกัน (ถ้ามี) และเพื่อให้มั่นใจว่าเส้นทางกระแสผิดพลาดสู่ดินจะไม่เปิดวงจร ส่วนที่ต่อลงดินต้องเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 2.6.1 ข)

หมายเหตุ 1. ส่วนต่างๆ ในวงจร SELV เดียวกัน อาจได้รับการป้องกันโดยวิธีที่แตกต่างกัน เช่น

- ใช้วิธีที่ 2 ภายในหม้อแปลงกำลังที่ป้อนตัวเรียงกระแสแบบบริดจ์ และ
- ใช้วิธีที่ 1 สำหรับวงจรทุติยภูมิกระแสสลับ และ
- ใช้วิธีที่ 3 ที่ด้านออกของตัวเรียงกระแสแบบบริดจ์

หมายเหตุ 2. สำหรับภาวะปกติ ชีตจำกัดแรงดันไฟฟ้าของวงจร SELV เหมือนกับวงจร ELV วงจร SELV อาจถือเป็นวงจร ELV ที่มีการเพิ่มเติมการป้องกันภายใต้ภาวะผิดพลาด

2.2.4 การต่อวงจร SELV เข้ากับวงจรอื่น

ยอมให้ต่อวงจร SELV กับวงจรอื่นได้ เมื่อต่อวงจรแล้วเป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมดต่อไปนี้

- ยกเว้นที่ยอมให้ตามข้อ 1.5.7 และข้อ 2.4.3 วงจร SELV แยกออกจากวงจรปฐมภูมิใดๆ (รวมทั้งสายกลาง) ภายในบริบทด้วยฉนวนมูลฐาน และ
- วงจร SELV เป็นไปตามขีดจำกัดของข้อ 2.2.2 ภายใต้ภาวะการทำงานปกติ และ
- ยกเว้นที่ยอมให้ตามข้อ 2.3.2 วงจร SELV เป็นไปตามขีดจำกัดของข้อ 2.2.3 ในกรณีที่เกิดความผิดพลาดเดียว (ดูข้อ 1.4.14) ในวงจร SELV หรือในวงจรทุติยภูมิซึ่งต่อกับวงจร SELV

ถ้าวงจร SELV ต่อเข้ากับวงจรอื่นตั้งแต่หนึ่งวงจรขึ้นไป วงจร SELV คือส่วนที่เป็นไปตามข้อกำหนดในข้อ 2.2.2 และข้อ 2.2.3

ในกรณีที่วงจร SELV ได้กำลังไฟฟ้าผ่านตัวนำจากวงจรทุติยภูมิซึ่งแยกจากวงจรแรงดันไฟฟ้าอันตรายด้วย

- ฉนวนคู่หรือฉนวนเสริม หรือ
- ที่กั้นนำไฟฟ้าที่ต่อลงดินซึ่งแยกออกจากวงจรแรงดันไฟฟ้าอันตรายด้วยฉนวนมูลฐาน

ต้องพิจารณาว่าวงจร SELV แยกออกจากวงจรแรงดันไฟฟ้าอันตรายด้วยวิธีเดียวกัน

ถ้าวงจร SELV ได้รับพลังงานจากวงจรทุติยภูมิที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตราย และวงจรทุติยภูมิที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายแยกจากวงจรปฐมภูมิด้วยฉนวนคู่หรือฉนวนเสริม วงจร SELV ต้องยังคงอยู่ในขีดจำกัดที่ให้ไว้ในข้อ 2.2.3 ภายใต้ภาวะผิดพลาดเดียว (ดูข้อ 1.4.14) ในกรณีนี้ การลัดวงจรของฉนวนในหม้อแปลงที่ใช้แยกระหว่างวงจรทุติยภูมิที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายกับวงจร SELV ให้พิจารณาว่าเป็นความผิดพลาดเดียว หากฉนวนในหม้อแปลงเป็นไปตามข้อกำหนดของการทดสอบความทนทานไฟฟ้าสำหรับฉนวนมูลฐานตามข้อ 5.2.2 โดยพิจารณาตามแรงดันไฟฟ้าทำงานที่เกี่ยวข้อง

2.3 วงจร TNV

2.3.1 ชีตจำกัด

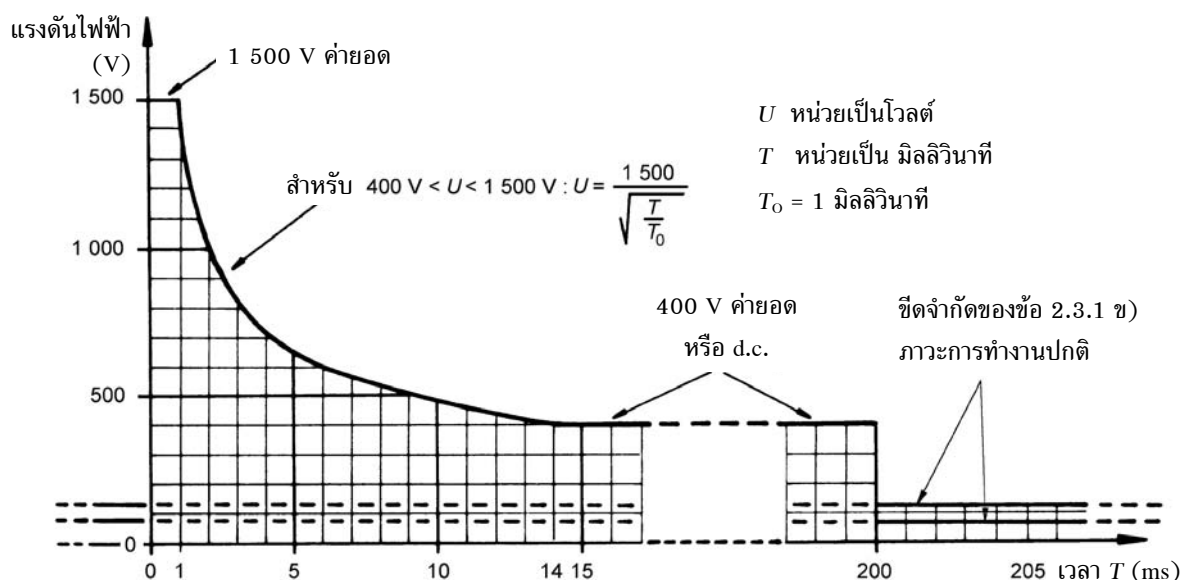
ในวงจร TNV เดี่ยวหรือวงจร TNV ที่ต่อกันอยู่ แรงดันไฟฟ้าระหว่างตัวนำสองตัวใดๆ ของวงจร TNV เดี่ยวหรือหลายวงจร และระหว่างตัวนำดังกล่าวตัวใดตัวหนึ่งกับดิน (ดูข้อ 1.4.9) ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดต่อไปนี้

ก) วงจร TNV-1

แรงดันไฟฟ้าต้องไม่เกินค่าต่อไปนี้

- ชีตจำกัดแรงดันไฟฟ้าในข้อ 2.2.2 สำหรับวงจร SELV ภายใต้ภาวะทำงานปกติ
- ชีตจำกัดแรงดันไฟฟ้าในรูปที่ 2ง ให้วัดคร่อมตัวต้านทาน 5 000 โอห์ม $\pm$ ร้อยละ 2 เมื่อเกิดความผิดปกติ (ดูข้อ 1.4.14) ภายในบริเวณนี้

หมายเหตุ 1. ในเหตุการณ์ความล้มเหลวเดียวของส่วนประกอบหรือฉนวน ชีตจำกัดของแรงดันไฟฟ้าภายหลังเวลา 200 มิลลิวินาที กำหนดไว้ในข้อ 2.3.1 ข) สำหรับวงจร TNV-2 หรือ TNV-3 สำหรับภาวะการทำงานปกติ



รูปที่ 2ง ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ยอมได้หลังความผิดปกติเดียว

ข) วงจร TNV-2 และวงจร TNV-3

แรงดันไฟฟ้าที่เกินขีดจำกัดในข้อ 2.2.2 สำหรับวงจร SELV แต่ไม่เกินค่าต่อไปนี้

- เมื่อมีสัญญาณเรียกโทรศัพท์ แรงดันไฟฟ้าที่เป็นสัญญาณเป็นไปตามเกณฑ์ของข้อ ฐ.2 หรือข้อ ฐ.3
- เมื่อไม่มีสัญญาณเรียกโทรศัพท์
 - ผลรวมของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงภายใต้ภาวะการทำงานปกติ เป็นดังนี้

$$\frac{U_{ac}}{71} + \frac{U_{dc}}{120} \leq 1$$

เมื่อ

U_{ac} คือ ค่ายอดของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ความถี่ใดๆ เป็น โวลต์

U_{dc} คือ ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เป็น โวลต์

หมายเหตุ 2. เมื่อ U_{dc} เป็นศูนย์ U_{ac} สามารถมีค่าสูงถึง 71 โวลต์ค่ายอด

หมายเหตุ 3. เมื่อ U_{ac} เป็นศูนย์ U_{dc} สามารถมีค่าสูงถึง 120 โวลต์

และ

- ชีตจำกัดแรงดันไฟฟ้าในรูปที่ 2ง ให้วัดคร่อมตัวต้านทาน 5 000 โอห์ม $\pm$ ร้อยละ 2 เมื่อเกิดความผิดพลาดเดี่ยว (ดูข้อ 1.4.14) ภายในบริษัท

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด

หมายเหตุ 4. สัญญาณโทรเลขและสัญญาณโทรพิมพ์อาจปรากฏบนโครงข่ายโทรคมนาคมที่มีอยู่ อย่างไรก็ตาม สัญญาณเหล่านี้ถือว่าล้าสมัยและลักษณะเฉพาะต่างๆ ของสัญญาณเหล่านี้ไม่ได้พิจารณาในมาตรฐานนี้

2.3.2 การแยกออกจากวงจรอื่นและออกจากส่วนที่แตะต้องถึง

หมายเหตุ 1. ดูข้อ 6.1.2 และข้อ 6.2 ด้วย

การแยกวงจร SELV วงจร TNV-1 และส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึงออกจากวงจร TNV-2 และ TNV-3 ต้องอยู่ในลักษณะที่ในเหตุการณ์ของความผิดพลาดเดี่ยว (ดูข้อ 1.4.14) ชีตจำกัดของแรงดันไฟฟ้าที่ระบุไว้ในข้อ 2.3.1 ข) สำหรับวงจร TNV-2 และ วงจร TNV-3 ภายใต้ภาวะการทำงานปกติจะไม่เกินชีตจำกัดของวงจร SELV และส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึง ในเหตุการณ์ของความผิดพลาดเดี่ยว (ดูข้อ 1.4.14) ยอมให้แรงดันไฟฟ้าของวงจร TNV-1 สูงขึ้นถึงชีตจำกัดตามรูปที่ 2ง

หมายเหตุ 2. ไม่มีข้อความ

หมายเหตุ 3. ภายใต้ภาวะการทำงานปกติ ชีตจำกัดของข้อ 2.2.2 ใช้กับแต่ละวงจร SELV และส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึงเสมอ

หมายเหตุ 4. ชีตจำกัดของข้อ 2.3.1 ใช้กับแต่ละวงจร TNV ได้เสมอ

จะเป็นไปตามข้อกำหนดการแยกถ้ามีฉนวนมูลฐานตามที่ระบุในตารางที่ 2ข (ดูข้อ 2.9.5) รวมถึงการแก้ปัญหาโดยวิธีอื่น ๆ ด้วย

ไม่จำเป็นต้องมีฉนวนมูลฐานหากเป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมดต่อไปนี้

- วงจร SELV วงจร TNV-1 หรือส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึงต้องต่อเข้ากับขั้วต่อลงดินป้องกันตามข้อ 2.6 และ
- สำหรับบริษัทที่เสียได้แบบ A ต้องจัดให้มีขั้วต่อลงดินป้องกันเพิ่มเติมนอกเหนือไปจากขั้วต่อลงดินป้องกันหลัก (ถ้ามี) (ดูข้อ 2.6.4.1) ข้อแนะนำการติดตั้งต้องระบุว่าขั้วต่อลงดินป้องกันที่เพิ่มเติมนี้ต้องต่ออย่างถาวรเข้ากับดิน และ
- สำหรับบริษัทที่เสียได้แบบ B บริษัทต้องเป็นไปตามข้อกำหนดข้างต้นสำหรับบริษัทที่เสียได้แบบ A หรือมีทั้งการทำเครื่องหมายบนบริษัทและข้อความในข้อแนะนำการติดตั้งระบุว่าผู้ใช้ต้องปลดตัวต่อโครงข่ายโทรคมนาคมทั้งหมดและตัวต่อระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิลทั้งหมดก่อนปลดกำลังไฟฟ้า และ

หมายเหตุ 5. บริษัทที่ต่ออย่างถาวร สันนิษฐานว่ามีขั้วต่อลงดินป้องกันหลักต่ออย่างถาวรเข้ากับดิน

- ต้องทดสอบตามข้อ 2.3.5 ถ้ามีเจตนาให้วงจร TNV-2 หรือวงจร TNV-3 รับสัญญาณหรือกำลังไฟฟ้าที่กำเนิดขึ้นภายนอก ในระหว่างการทำงานปกติ (เช่น ในโครงข่ายโทรคมนาคม)

ตามการเลือกของผู้ทำ ยอมให้ปฏิบัติต่อวงจร TNV-1 หรือวงจร TNV-2 เหมือนวงจร TNV-3 ในกรณีนี้วงจร TNV-1 หรือวงจร TNV-2 ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดการแยกสำหรับวงจร TNV-3

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด และในกรณีที่เป็นโดยการจำลองความล้มเหลวของส่วนประกอบและฉนวนในลักษณะที่มักเกิดขึ้นในบริษัท ก่อนการทดสอบให้ลัดวงจรฉนวนที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับฉนวนมูลฐาน

หมายเหตุ 6. เมื่อมีฉนวนมูลฐานและใช้ข้อ 6.2.1 กับฉนวนนี้ด้วย ในกรณีนี้แรงดันไฟฟ้าทดสอบที่กำหนดไว้ในข้อ 6.2.2 มักมีค่ามากกว่าแรงดันไฟฟ้าทดสอบสำหรับฉนวนมูลฐาน

หมายเหตุ 7. ไม่มีข้อความ

หมายเหตุ 8. ไม่มีข้อความ

2.3.3 การแยกออกจากแรงดันไฟฟ้าอันตราย

ยกเว้นที่ยอมให้ตามข้อ 2.3.4 วงจร TNV ต้องแยกออกจากวงจรที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตราย โดยวิธีใดวิธีหนึ่งหรือทั้งสองวิธีต่อไปนี้

ก) ด้วยฉนวนคู่หรือฉนวนเสริม

ข) ด้วยฉนวนมูลฐาน ร่วมกับที่กั้นป้องกันซึ่งต่อเข้ากับขั้วต่อลงดินป้องกัน

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด

2.3.4 การต่อของวงจร TNV เข้ากับวงจรอื่น

ยกเว้นที่ยอมให้ตามข้อ 1.5.7 ยอมให้ต่อวงจร TNV เข้ากับวงจรอื่น หากแยกออกจากวงจรปฐมภูมิใด ๆ (รวมทั้งสายกลาง) ภายในบริษัท ด้วยฉนวนมูลฐาน

หมายเหตุ 1. ชีตจำกัดของข้อ 2.3.1 ใช้กับวงจร TNV ได้เสมอ

ถ้าวงจร TNV ต่อเข้ากับวงจรอื่นตั้งแต่ 1 วงจรขึ้นไป วงจร TNV คือส่วนซึ่งเป็นไปตามข้อ 2.3.1

ถ้าวงจร TNV ได้กำลังไฟฟ้าผ่านตัวนำจากวงจรทุติยภูมิซึ่งแยกออกจากวงจรที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายด้วย

- ฉนวนคู่หรือฉนวนเสริม หรือ

- การใช้ที่กั้นนำไฟฟ้าที่ต่อลงดินซึ่งแยกออกจากวงจรที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายด้วยฉนวนมูลฐาน

ต้องพิจารณาว่าวงจร TNV แยกออกจากวงจรแรงดันไฟฟ้าอันตรายด้วยวิธีเดียวกัน

ถ้าวงจร TNV ได้รับพลังงานจากวงจรทุติยภูมิที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตราย และวงจรทุติยภูมิที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายแยกจากวงจรปฐมภูมิด้วยฉนวนคู่หรือฉนวนเสริม วงจร TNV ต้องยังคงอยู่ในขีดจำกัดที่ให้ไว้ในข้อ 2.3.1 ภายใต้ภาวะผิดปกติเพียงเดียว (ดูข้อ 1.4.14) ในกรณีนี้ การลัดวงจรของฉนวนในหม้อแปลงที่ใช้แยกระหว่างวงจรทุติยภูมิที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายกับวงจร TNV ให้พิจารณาว่าเป็นความผิดปกติเพียงเดียว หากฉนวนในหม้อแปลงเป็นไปตามข้อกำหนดของการทดสอบความทนทานไฟฟ้าสำหรับฉนวนมูลฐานตามข้อ 5.2.2 โดยพิจารณาตามแรงดันไฟฟ้าทำงานที่เกี่ยวข้อง

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และโดยการจำลองความผิดปกติเพียงเดียว (ดูข้อ 1.4.14) ในลักษณะที่มักเกิดขึ้นในบริษัท ความผิดปกติที่จำลองขึ้นดังกล่าวต้องไม่ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าคร่อมตัวต้านทาน 5 000 โอห์ม $\pm$ ร้อยละ 2 ที่ต่ออยู่ระหว่างตัวนำสองตัวใด ๆ ของวงจร TNV หรือ ระหว่างตัวนำดังกล่าวตัวใดตัวหนึ่งกับดิน นอกพื้นที่แรเงาของรูปที่ 2ง (ดูข้อ 2.3.1) ต้องสังเกตต่อไปจนกระทั่งมีภาวะเสถียรเป็นเวลาอย่างน้อย 5 วินาที

หมายเหตุ 2. ไม่มีข้อความ

หมายเหตุ 3. ไม่มีข้อความ

2.3.5 การทดสอบแรงดันไฟฟ้าทำงานที่กำเนิดขึ้นภายนอก

ให้ทดสอบรายการนี้เฉพาะในกรณีระบุไว้ในข้อ 2.3.2

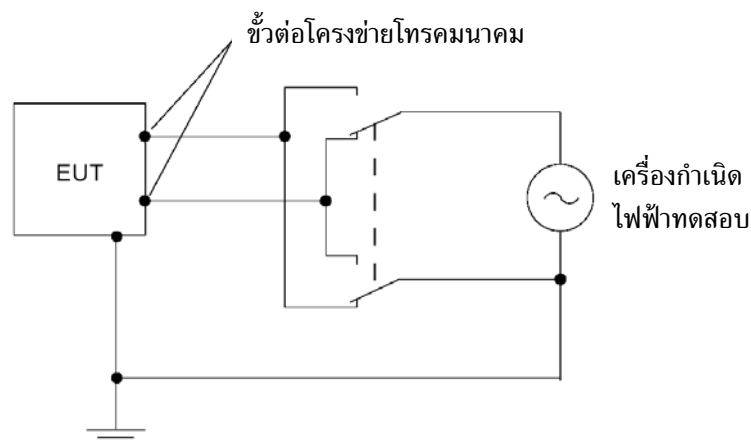
ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทดสอบที่ระบุโดยผู้ทำซึ่งแทนแรงดันไฟฟ้าทำงานปกติสูงสุดที่คาดว่าจะได้รับจากแหล่งกำเนิดภายนอก ในกรณีที่ไม่มีข้อกำหนดลักษณะเฉพาะดังกล่าว ให้ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทดสอบที่ให้แรงดันกระแสสลับ $120 \text{ โวลต์} \pm 2 \text{ โวลต์}$ ที่ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ หรือ 60 เฮิร์ตซ์ และมีอิมพีแดนซ์ภายใน $1\ 200 \text{ โอห์ม} \pm \text{ร้อยละ } 2$

หมายเหตุ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทดสอบข้างต้นไม่ได้มีเจตนาให้แทนแรงดันไฟฟ้าจริงบนโครงข่ายโทรคมนาคม แต่เพื่อให้วงจรของบริษัททดสอบเกิดความเค้นโดยการทดสอบในลักษณะซ้ำๆ

ให้ต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทดสอบไว้ระหว่างขั้วต่อโครงข่ายโทรคมนาคมของบริษัท โดยให้ต่อขั้วหนึ่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทดสอบเข้ากับขั้วต่อลงดินของบริษัทด้วย (ดูรูปที่ 2จ) ป้อนแรงดันไฟฟ้าทดสอบเป็นเวลาไม่เกิน 30 นาที ถ้าเป็นที่ชัดเจนว่าไม่มีการเสื่อมคุณภาพต่อไป ให้หยุดการทดสอบก่อนเวลา

ในระหว่างการทดสอบ วงจร SELV วงจร TNV-1 หรือส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึง ต้องยังคงเป็นไปตามข้อ 2.2.2

ให้ทดสอบซ้ำหลังจากกลับขั้วต่อโครงข่ายโทรคมนาคมของบริษัท



รูปที่ 2จ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทดสอบ

2.4 วงจรจำกัดกระแส

2.4.1 ข้อกำหนดทั่วไป

ต้องออกแบบวงจรจำกัดกระแสในลักษณะที่มีค่าไม่เกินค่าขีดจำกัดที่ระบุในข้อ 2.4.2 ภายใต้ภาวะการทำงานปกติและในเหตุการณ์ความล้มเหลวเดียวภายในบริษัท (ดูข้อ 1.4.14 และข้อ 1.5.7)

ยกเว้นที่ยอมไว้ในข้อ 2.4.3 การแยกส่วนของส่วนเข้าถึงได้ของวงจรจำกัดกระแสออกจากวงจรอื่นต้องเป็นดังเช่นที่อธิบายไว้ในข้อ 2.2 สำหรับวงจร SELV

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด

2.4.2 ค่าขีดจำกัด

สำหรับความถี่ไม่เกิน 1 กิโลเฮิร์ตซ์ กระแสไฟฟ้าภาวะคงตัวที่ไหลผ่านตัวต้านทานที่ไม่เหนี่ยวนำขนาด 2 000 โอห์ม $\pm$ ร้อยละ 10 ซึ่งต่ออยู่ระหว่างส่วนของวงจรจำกัดกระแส 2 ส่วนใดๆ หรือระหว่างส่วนดังกล่าวใดๆ กับดิน (ดูข้อ 1.4.9) ต้องไม่เกิน 0.7 มิลลิแอมแปร์ค่ายอด หรือ 2 มิลลิแอมแปร์กระแสตรง

สำหรับความถี่เกิน 1 กิโลเฮิร์ตซ์ ให้คูณขีดจำกัด 0.7 มิลลิแอมแปร์ด้วยค่าของความถี่เป็นกิโลเฮิร์ตซ์ แต่ไม่เกิน 70 มิลลิแอมแปร์ค่ายอด

อีกทางเลือกหนึ่ง ยอมให้ใช้เครื่องวัดตามภาคผนวก ง. แทนตัวต้านทานไร้ความเหนี่ยวนำค่า 2 000 โอห์ม $\pm$ ร้อยละ 10 ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว

เมื่อใช้เครื่องวัดตามรูปที่ ง.1 วัดค่าแรงดันไฟฟ้า U_2 และคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าโดยการหารแรงดันไฟฟ้า U_2 ด้วย 500 ค่าที่คำนวณได้ต้องไม่เกิน 0.7 มิลลิแอมแปร์ค่ายอด

หมายเหตุ 1. ในกรณีที่ด้านหนึ่งของวงจรจำกัดกระแสมีการต่อดั้วตัวนำลงดิน ควรต่อจุด B ของเครื่องวัดตามรูปที่ ง.1 กับด้านนั้น

เมื่อใช้เครื่องวัดตามรูปที่ ง.2 ค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้ต้องไม่เกิน 0.7 มิลลิแอมแปร์ค่ายอด

สำหรับส่วนซึ่งมีแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 450 โวลต์ค่ายอดหรือกระแสตรง ความจุไฟฟ้าของวงจรต้องไม่เกิน 0.1 ไมโครฟารัด

สำหรับส่วนซึ่งแรงดันไฟฟ้า U เกิน 0.45 กิโลโวลต์ค่ายอดหรือกระแสตรง แต่ไม่เกิน 15 กิโลโวลต์ค่ายอดหรือกระแสตรง ความจุไฟฟ้าของวงจรต้องไม่เกิน $45/U$ นาโนฟารัด เมื่อ U อยู่ในหน่วยกิโลโวลต์

หมายเหตุ 2. ขีดจำกัดของ $45/U$ สมนัยกับประจุสะสมที่มีได้ 45 ไมโครคูลอมป์

สำหรับส่วนซึ่งแรงดันไฟฟ้า U เกิน 15 กิโลโวลต์ค่ายอดหรือกระแสตรง ความจุไฟฟ้าของวงจรต้องไม่เกิน $700/U_2$ นาโนฟารัด เมื่อ U อยู่ในหน่วยกิโลโวลต์

หมายเหตุ 3. ขีดจำกัดของ $700/U_2$ สมนัยกับพลังงานที่มีได้ 350 มิลลิจูล

2.4.3 การต่อวงจรจำกัดกระแสเข้ากับวงจรอื่น

ยอมให้วงจรจำกัดกระแสต่อเข้ากับหรือได้รับการป้อนพลังงานจากวงจรอื่น หากเป็นไปตามเงื่อนไขต่อไปนี้

- วงจรจำกัดกระแสนี้ยังคงเป็นไปตามขีดจำกัดของข้อ 2.4.2 ภายใต้ภาวะการทำงานปกติ
- วงจรจำกัดกระแสนี้ยังคงเป็นไปตามขีดจำกัดของข้อ 2.4.2 ในเหตุการณ์ของความล้มเหลวเดียวของส่วนประกอบหรือฉนวนใดๆ ในวงจรจำกัดกระแสหรือของส่วนประกอบหรือฉนวนใดๆ ในวงจรอื่นซึ่งต่ออยู่

ถ้าวงจรจำกัดกระแสต่อเข้ากับวงจรอื่นตั้งแต่ 1 วงจรขึ้นไป วงจรจำกัดกระแสคือส่วนซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของข้อ 2.4.1

2.5 แหล่งจ่ายจำกัดกำลัง

แหล่งจ่ายจำกัดกำลังต้องเป็นไปตามข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้

- ค่าด้านออกถูกจำกัดไว้เป็นไปตามตารางที่ 2x หรือ

- อิมพีแดนซ์จำกัดด้านออกไว้ให้เป็นไปตามตารางที่ 2ข ถ้าใช้อุปกรณ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิที่เป็นบวก ต้องเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบที่ระบุไว้ใน IEC 60730-1 ข้อ 15 ข้อ 17 ข้อ J15 และข้อ J17 หรือ
- ใช้อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินและค่าด้านออกถูกจำกัดไว้เป็นไปตามตารางที่ 2ค หรือ
- โครงข่ายคุมค่าจำกัดค่าด้านออกไว้เป็นไปตามตารางที่ 2ข ทั้งภายใต้ภาวะการทำงานปกติและหลังจากความผิดปกติใดๆ (ดูข้อ 1.4.14) ในโครงข่ายคุมค่า (เปิดวงจรหรือปิดวงจร) หรือ
- โครงข่ายคุมค่าจำกัดค่าด้านออกไว้เป็นไปตามตารางที่ 2ข ภายใต้ภาวะการทำงานปกติ และอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินจำกัดค่าด้านออกไว้เป็นไปตามตารางที่ 2ค หลังความผิดปกติใดๆ (ดูข้อ 1.4.14) ในโครงข่ายคุมค่า (เปิดวงจรหรือปิดวงจร)

ในกรณีที่ใช้อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน ต้องใช้ฟิวส์หรืออุปกรณ์ทางกลไฟฟ้าที่ปรับตั้งค่าไม่ได้และตั้งใหม่อัตโนมัติไม่ได้ แหล่งจ่ายจำกัดกำลังที่ทำงานจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับหรือแหล่งจ่ายจำกัดกำลังที่ทำงานจากแบตเตอรี่ที่ประจุใหม่จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับขณะที่จ่ายโหลด ต้องรวมกับหม้อแปลงขดลวดแยก

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด และในกรณีที่เหมาะสมให้ตรวจสอบข้อมูลแบตเตอรี่ของผู้ทำด้วย แบตเตอรี่ต้องประจุให้เต็มก่อนวัดค่า U_{oc} และ I_{sc} ตามตารางที่ 2ข และ 2ค

ปรับตั้งโหลดอ้างอิงในข้อ 2) และ 3) ของตารางที่ 2ข และ 2ค เพื่อให้มีการถ่ายโอนกระแสไฟฟ้าสูงสุดและกำลังไฟฟ้าสูงสุดตามลำดับ ประยุกต์ใช้ความผิดปกติในโครงข่ายคุมค่าภายใต้ภาวะกระแสไฟฟ้าสูงสุดและกำลังไฟฟ้าสูงสุดนี้

ตารางที่ 2ข ซีตจำกัดสำหรับแหล่งจ่ายจำกัดกำลัง
(ข้อ 2.5)

แรงดันไฟฟ้าออก ¹⁾ (U_{oc})		กระแสไฟฟ้าออก ²⁾ (I_{sc})	กำลังไฟฟ้าปรากฏ ³⁾ (S)
V a.c.	V d.c.	A	VA
≤ 20	≤ 20	≤ 8.0	$\leq 5 \times U_{oc}$
$20 < U_{oc} \leq 30$	$20 < U_{oc} \leq 30$	≤ 8.0	≤ 100
-	$30 < U_{oc} \leq 60$	$\leq 150/U_{oc}$	≤ 100

¹⁾ U_{oc} : แรงดันไฟฟ้าออกที่วัดตามข้อ 1.4.5 เมื่อปลดวงจรโหลดทั้งหมด แรงดันไฟฟ้านี้เป็นแรงดันไฟฟ้าสำหรับกระแสสลับไซน์ซอชยต์และกระแสดตรงที่ไม่มีควมพริ้ว สำหรับกระแสสลับที่ไม่ใช่ไซน์ซอชยต์และกระแสดตรงที่มีความพริ้วมากกว่าร้อยละ 10 ของค่ายออด แรงดันไฟฟ้าค่ายออดต้องไม่เกิน 42.4 V

²⁾ I_{sc} : กระแสไฟฟ้าออกสูงสุดที่วัดได้หลังการทำงาน 60 s ด้วยโหลดที่ไม่มีความจุไฟฟ้าใดๆ รวมทั้งการลัดวงจร

³⁾ S (VA) : VA ออกสูงสุดที่วัดได้หลังการทำงาน 60 s ด้วยโหลดที่ไม่มีความจุไฟฟ้าใดๆ

ตารางที่ 2ค ชีตจำกัดสำหรับแหล่งจ่ายไม่จำกัดกำลัง (ต้องมีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน)
(ข้อ 2.5)

แรงดันไฟฟ้าออก ¹⁾ (U_{oc})		กระแสไฟฟ้าออก ²⁾ (I_{sc})	กำลังไฟฟ้าปรากฏ ³⁾ (S) VA	พิกัดกระแสไฟฟ้าของ อุปกรณ์ป้องกัน กระแสเกิน ⁴⁾
V a.c.	V d.c.	A		
≤ 20	≤ 20	$\leq 1000/U_{oc}$	≤ 250	≤ 5.0
$20 < U_{oc} \leq 30$	$20 < U_{oc} \leq 30$			$\leq 100/U_{oc}$
-	$30 < U_{oc} \leq 60$			$\leq 100/U_{oc}$

¹⁾ U_{oc} : แรงดันไฟฟ้าออกที่วัดตามข้อ 1.4.5 เมื่อปลดวงจรโหลดทั้งหมด แรงดันไฟฟ้านี้เป็นแรงดันไฟฟ้าสำหรับกระแสสลับไซนูซอยด์และกระแสตรงที่ไม่มีความพริ้ว สำหรับกระแสสลับที่ไม่ใช่ไซนูซอยด์และกระแสตรงที่มีความพริ้ว มากกว่าร้อยละ 10 ของค่ายอด แรงดันไฟฟ้าค่ายอดต้องไม่เกิน 42.4 V

²⁾ I_{sc} : กระแสไฟฟ้าออกสูงสุดที่วัดได้หลังการทำงาน 60 s ด้วยโหลดที่ไม่มีความจุไฟฟ้าใด ๆ รวมถึงการลัดวงจร อิมพีแดนซ์จำกัดกระแสภายในบริภัณฑ์ยังคงมีอยู่ในวงจรระหว่างการวัด แต่ให้ต่อข้ามอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน

³⁾ S (VA) : VA ออกสูงสุดที่วัดได้หลังการทำงาน 60 s ด้วยโหลดที่ไม่มีความจุไฟฟ้าใด ๆ อิมพีแดนซ์จำกัดกระแสภายในบริภัณฑ์ยังคงมีอยู่ในวงจรระหว่างการวัด แต่ให้ต่อข้ามอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน

หมายเหตุ เหตุผลที่ให้ต่อข้ามอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินในขณะวัดค่า เพื่อหาพลังงานที่มีอยู่อาจก่อให้เกิดความร้อนเกิน ในขณะที่อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินทำงาน

⁴⁾ พิกัดกระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินอยู่บนพื้นฐานของฟิวส์และเครื่องตัดวงจรที่สามารถตัดวงจรภายใน 120 s ที่กระแสเท่ากับร้อยละ 210 ของพิกัดกระแสที่ระบุไว้ในตาราง

2.6 การต่อลงดินและการเชื่อมต่อ

หมายเหตุ สำหรับข้อกำหนดเพิ่มเติมเกี่ยวกับการต่อลงดินของบริภัณฑ์ที่ต่อเข้ากับโครงข่ายโทรคมนาคมให้ดูข้อ 2.3.2 ข้อ 2.3.3 ข้อ 6.1.1 และข้อ 6.1.2 และสำหรับระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล ให้ดูข้อ 7.1 และข้อ 7.3.1

2.6.1 การต่อลงดินป้องกัน

ส่วนต่อไปนี้เป็นของบริภัณฑ์ที่ต้องต่ออย่างเชื่อถือได้เข้ากับขั้วต่อลงดินป้องกันหลักของบริภัณฑ์

ส่วนที่มักนำกระแสผิดพ่วงที่มีเจตนาให้อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินทำงาน

ก) ส่วนนำไฟฟ้าที่แต่ละต้องถึงซึ่งอาจมีแรงดันไฟฟ้าอันตรายในเหตุการณ์ของความผิดพ่วงเดี่ยว (ดูข้อ 1.4.14)

ข) ส่วนที่ต้องการต่อลงดินเพื่อคงความสมบูรณ์ของวงจร SELV ที่กำหนดโดยข้อ 2.2.3.2 และข้อ 2.2.3.3

ค) ส่วนที่ต้องการต่อลงดินเพื่อคงความสมบูรณ์ของวงจร TNV ที่กำหนดโดยข้อ 2.3.3 ข)

ง) วงจร SELV วงจร TNV และส่วนนำไฟฟ้าที่แต่ละต้องถึงที่ต้องการต่อลงดินโดยข้อ 2.3.2 ถ้าแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าไม่ใช่โครงข่ายโทรคมนาคม หรือระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล

ส่วนที่นำกระแสไฟฟ้าอื่นๆ

จ) วงจร SELV วงจร TNV และส่วนนำไฟฟ้าที่แต่ละต้องถึงที่ต้องการต่อลงดินโดยข้อ 2.3.2 ถ้าแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าไม่ใช่โครงข่ายโทรคมนาคม หรือระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล

จ) วงจร ที่กั้นของหม้อแปลง และส่วนประกอบ (เช่น ตัวรับเสิร์จ) ที่ไม่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายในกรณีของความผิดปกติเดียว (ดูข้อ 1.4.14) แต่ต้องการต่อลงดินเพื่อลดแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวซึ่งอาจมีผลต่อฉนวน (ดูข้อ 6.2.1 และข้อ 7.3.1)

ข) วงจร SELV และวงจร TNV ที่ต้องการต่อลงดินเพื่อลดหรือกำจัดกระแสไฟฟ้าสัมผัสให้แก่โครงข่ายโทรคมนาคม หรือระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล (ดูข้อ 5.1.8.1)

ในพื้นที่ซึ่งผู้ซ่อมบำรุงเข้าถึง กรณีที่ส่วนนำไฟฟ้า เช่น โครงของมอเตอร์ แท่นฐานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ฯลฯ อาจมีแรงดันไฟฟ้าอันตรายในเหตุการณ์ของความผิดปกติเดียว ส่วนนำไฟฟ้าเหล่านี้ต้องต่อเข้ากับขั้วต่อลงดินป้องกันหลัก หรือถ้าเป็นไปได้หรือปฏิบัติไม่ได้ต้องมีเครื่องหมายและฉลากเตือนที่เหมาะสมให้ผู้ซ่อมบำรุงทราบว่าส่วนดังกล่าวไม่ได้ต่อลงดินและต้องตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าอันตรายก่อนสัมผัส

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และในกรณีที่เหมาะสมโดยการทดสอบตามข้อ 2.6.3

2.6.2 การต่อลงดินตามหน้าที่

ถ้าการต่อลงดินตามหน้าที่ของส่วนที่แตะต้องถึงหรือส่วนนำไฟฟ้าอื่นเป็นสิ่งจำเป็น ให้ใช้ข้อกำหนดต่อไปนี้ทั้งหมดกับวงจรการต่อลงดินตามหน้าที่

- วงจรต่อลงดินตามหน้าที่ต้องแยกออกจากส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายในบริเวณที่ ด้วย
 - ฉนวนคู่หรือฉนวนเสริม หรือ
 - ที่กั้นที่ต่อลงดินเพื่อการป้องกันหรือส่วนนำไฟฟ้าที่ต่อลงดินเพื่อการป้องกัน แยกออกจากส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายด้วยฉนวนมูลฐานเป็นอย่างน้อย และ
- ยอมให้ต่อวงจรต่อลงดินตามหน้าที่เข้ากับขั้วต่อลงดินป้องกันหรือตัวนำเชื่อมต่อป้องกัน และ
- ขั้วต่อสายที่ใช้สำหรับการต่อลงดินตามหน้าที่ต้องไม่ทำเครื่องหมาย $\perp$ (60417-1-IEC-5017) หรือด้วยเครื่องหมาย $\oplus$ (60417-1-IEC-5019) ยกเว้นในกรณีที่ขั้วต่อสายบนส่วนประกอบ (เช่น กล่องขั้วต่อสาย (terminal block)) หรือส่วนประกอบย่อย ยอมให้ใช้เครื่องหมาย $\perp$ และหมายเหตุ ยอมให้ใช้เครื่องหมายอื่น เช่น เครื่องหมาย $\oplus$ (60417-1-IEC-5018) หรือ ∇ (60417-1-IEC-5020) ถ้ามีความเหมาะสม
- ต้องไม่ใช้ตัวนำต่อลงดินตามหน้าที่ภายในที่มีสี่เหลี่ยมแถบสี่เหลี่ยม ยกเว้นในส่วนประกอบที่ประกอบสำเร็จหลายจุดประสงค์ (เช่น เคเบิลหลายแกนหรือตัวกรองความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า) และ
- ในสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าซึ่งใช้ตัวนำที่มีฉนวนสี่เหลี่ยมแถบสี่เหลี่ยมเพื่อให้มีการต่อลงดินตามหน้าที่เท่านั้น
 - ต้องไม่ทำเครื่องหมาย $\square$ (60417-1-IEC-5172) บนบริเวณที่ และ
 - ไม่มีข้อกำหนดนอกเหนือจากในข้อ 3.1.9 ที่เกี่ยวกับขั้วปลายของตัวนำด้านที่ต่อกับบริเวณที่

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2.6.3 ตัวนำต่อลงดินป้องกันและตัวนำเชื่อมต่อป้องกัน

2.6.3.1 ทั่วไป

ตัวนำต่อลงดินป้องกันและตัวนำเชื่อมต่อป้องกันต้องมีวิสัยสามารถนำกระแสเพียงพอ

ใช้ข้อกำหนดข้อ 2.6.3.2 ข้อ 2.6.3.3 และข้อ 2.6.3.4 กับตัวนำต่อลงดินป้องกันและตัวนำเชื่อมต่อป้องกันที่เตรียมไว้เพื่อให้ไปตามข้อ 2.6.1 ก) ถึงข้อ 2.6.1 ง)

ตัวนำต่อลงดินป้องกันและตัวนำเชื่อมต่อป้องกันที่เตรียมไว้เพื่อให้ไปตามข้อ 2.6.1 จ) ให้ใช้ข้อกำหนดข้อ 2.6.3.4 กระแสทดสอบเป็น 1.5 เท่าของกระแสสูงสุดที่ได้จากโครงข่ายโทรคมนาคมหรือระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล (ถ้าทราบ) หรือ 2 แอมแปร์ แล้วแต่ค่าใดจะมากกว่า ตัวนำต่อลงดินป้องกันและตัวนำเชื่อมต่อป้องกันที่เตรียมไว้เพื่อให้เป็นไปตามข้อ 2.6.1 ฉ) และข้อ 2.6.1 ช) และตัวนำต่อลงดินตามหน้าที่ วิสัยสามารถนำกระแสต้องเพียงพอสำหรับกระแสจริงภายใต้ภาวะการทำงานปกติตามข้อ 3.1.1 นั่นคือตัวนำไม่จำเป็นต้องนำกระแสผิดพร่องลงดิน

2.6.3.2 ขนาดของตัวนำลงดินป้องกัน

ตัวนำต่อลงดินป้องกันในสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าที่เข้ามาพร้อมกับบริษัทต้องเป็นไปตามขนาดตัวนำต่ำสุดในตารางที่ 3ข (ดูข้อ 3.2.5)

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด

2.6.3.3 ขนาดของตัวนำเชื่อมต่อป้องกัน

ตัวนำเชื่อมต่อป้องกันต้องเป็นไปตามข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้

- ขนาดตัวนำต่ำสุดตามตารางที่ 3ข (ดูข้อ 3.2.5) หรือ
- ข้อกำหนดของข้อ 2.6.3.4 และถ้าพิกัดกระแสของวงจรมากกว่า 16 แอมแปร์ ขนาดตัวนำต่ำสุดในตารางที่ 2ง หรือ
- สำหรับส่วนประกอบเท่านั้น ที่ขนาดของตัวนำเชื่อมโยงป้องกันต้องไม่เล็กกว่าตัวนำที่ป้อนกำลังไฟฟ้าให้ส่วนประกอบนั้น

พิกัดกระแสของวงจรที่ใช้ในตารางที่ 2ง และในการทดสอบข้อ 2.6.3.4 ขึ้นอยู่กับการจัดเตรียมและการจัดวางอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน และต้องถือเป็นค่าที่น้อยกว่าของข้อ ก) หรือ ข้อ ข) ต่อไปนี้

ก) พิกัดของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินที่ระบุในข้อแนะนำการติดตั้งที่จะติดตั้งในสายไฟฟ้าในอาคาร เพื่อป้องกันบริษัท

ข) พิกัดของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินในบริษัทที่ป้องกันวงจรหรือส่วนที่ต้องการต่อลงดินสำหรับบริษัทเสียได้แบบ A และถ้าไม่สามารถใช้ข้อ ก) และข้อ ข) ได้ พิกัดกระแสของวงจรต้องใช้ค่ากระแสไฟฟ้าที่กำหนดของบริษัทหรือ 16 แอมแปร์ แล้วแต่ค่าใดจะมากกว่า การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด

ตารางที่ 2ง ขนาดต่ำสุดของตัวนำเชื่อมต่อป้องกัน
(ข้อ 2.6.3.3)

พิกัดกระแสของวงจรที่พิจารณา A	ขนาดตัวนำต่ำสุด mm ²
≤ 16	1.5
> 16 และ ≤ 25	2.5
> 25 และ ≤ 32	4
> 32 และ ≤ 40	6
> 40 และ ≤ 63	10
> 63 และ ≤ 80	16
> 80 และ ≤ 100	25
> 100 และ ≤ 125	35
> 125 และ ≤ 160	50
> 160 และ ≤ 190	70
> 190 และ ≤ 230	95
> 230 และ ≤ 260	120
> 260 และ ≤ 300	150
> 300 และ ≤ 340	185
> 340 และ ≤ 400	240
> 400 และ ≤ 460	300

2.6.3.4 ความต้านทานของตัวนำต่อลงดินและขั้วปลาย

ตัวนำต่อลงดินและขั้วปลายต้องมีความต้านทานไม่สูงเกินไป

ตัวนำต่อลงดินป้องกันถือว่าเป็นไปตามข้อกำหนดโดยไม่ต้องทดสอบ

ตัวนำเชื่อมต่อป้องกันซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดเกี่ยวกับขนาดตัวนำต่ำสุดในตารางที่ 3ข (ดูข้อ 3.2.5) และการเข้าปลายเป็นไปตามข้อกำหนดเกี่ยวกับขนาดต่ำสุดในตารางที่ 3จ (ดูข้อ 3.3.5) ถือว่าเป็นไปตามข้อกำหนดโดยไม่ต้องทดสอบ

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ การวัด และสำหรับขั้วต่อเชื่อมต่อป้องกันซึ่งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดตัวนำต่ำสุดในตารางที่ 3ข (ดูข้อ 3.2.5) หรือการเข้าปลายเป็นไปตามข้อกำหนดเกี่ยวกับขนาดต่ำสุดในตารางที่ 3จ (ดูข้อ 3.3.5) ให้ทดสอบดังต่อไปนี้

วัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมในตัวนำเชื่อมต่อป้องกันหลังจากป้อนกระแสไฟฟ้าทดสอบเป็นระยะเวลาที่ระบุตามข้างล่างนี้ กระแสไฟฟ้าทดสอบอาจเป็นกระแสสลับหรือกระแสตรง และแรงดันทดสอบต้องไม่เกิน 12 โวลต์ วัดระหว่างขั้วต่อลงดินป้องกันหลักกับจุดในบริเวณที่ซึ่งต้องการต่อลงดินตามข้อ 2.6.1 ความต้านทานของตัวนำต่อลงดินป้องกันไม่รวมอยู่ในการวัด อย่างไรก็ตาม ถ้าตัวนำต่อลงดินป้องกันให้มาพร้อมกับบริภัณฑ์ ยอมให้รวมตัวนำนั้นในวงจรทดสอบแต่การวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมจะวัดจากขั้วต่อลงดินป้องกันหลักไปยังส่วนที่ต้องการต่อลงดินเท่านั้น

บนบริเวณที่มีการต่อลงดินป้องกันไปยังส่วนประกอบย่อยหรือหน่วยแยกโดยใช้แกนของเคเบิลหลายแกนที่ป้อนกำลังไฟฟ้าประธานให้แก่ส่วนประกอบย่อยหรือหน่วยแยกนั้น การวัดไม่รวมความต้านทานของตัวนำเชื่อมต่อป้องกันในเคเบิลนั้น อย่างไรก็ตาม กรณีนี้ยอมเฉพาะเคเบิลที่ได้รับการป้องกันโดยอุปกรณ์ป้องกันที่มีพิกัดเหมาะสมโดยคำนึงถึงขนาดของตัวนำ

ถ้าการป้องกันของวงจร SELV ใช้วิธีการต่อลงดินตามข้อ 2.2.3.3 ให้ใช้ขีดจำกัดความต้านทานระหว่างด้านที่ต่อลงดินของวงจร SELV กับขั้วต่อลงดินป้องกันหลัก ไม่ใช่จากด้านที่ไม่ต่อลงดินของวงจร SELV

ต้องระมัดระวังไม่ให้ความต้านทานสัมผัสระหว่างปลายของโพรบวัดกับส่วนนำไฟฟ้าที่ทดสอบมีอิทธิพลต่อผลการทดสอบ

กระแสทดสอบ ระยะเวลาการทดสอบ และผลการทดสอบเป็นไปดังนี้

- ถ้าพิกัดกระแสของวงจรที่กำลังทดสอบไม่เกิน 16 แอมแปร์ กระแสทดสอบมีค่าเป็น 1.5 เท่าของพิกัดกระแสของวงจรนั้น ป้อนกระแสเป็นเวลา 60 วินาที และความต้านทานของตัวนำเชื่อมต่อป้องกันคำนวณจากแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมต้องไม่เกิน 0.1 โวลต์
- ถ้าพิกัดกระแสของวงจรที่กำลังทดสอบเกิน 16 แอมแปร์
 - สำหรับบริเวณที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ กระแสทดสอบมีค่าเป็น 2 เท่าของพิกัดกระแสของวงจรที่กำลังทดสอบ ป้อนกระแสเป็นเวลา 2 นาที และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวนำเชื่อมต่อป้องกันต้องไม่เกิน 2.5 โวลต์
 - สำหรับบริเวณที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสทดสอบและเวลากำหนดโดยผู้ทำ และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวนำเชื่อมต่อป้องกันต้องไม่เกิน 2.5 โวลต์

2.6.3.5 สีของฉนวน

ฉนวนของตัวนำต่อลงดินป้องกันในสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าที่ให้มาพร้อมกับบริเวณที่ต้องเป็นสีเขียวแถบเหลือง ถ้าตัวนำเชื่อมต่อป้องกันหุ้มฉนวน ฉนวนต้องเป็นสีเขียวแถบเหลือง ยกเว้นใน 2 กรณีต่อไปนี้

- สายถักต่อลงดิน ฉนวนต้องเป็นสีเขียวแถบเหลืองหรือใส
- ตัวนำเชื่อมต่อป้องกันภายในของส่วนประกอบ เช่น สายรีบบิ้น บัสบาร์ (busbar) แผ่นวงจรพิมพ์ ฯลฯ ยอมให้ใช้สีใดก็ได้หากไม่ทำให้เกิดการเข้าใจผิดในการใช้ตัวนำ

ยกเว้นที่ยอมให้ตามข้อ 2.6.2 การใช้สีเขียวแถบเหลืองต้องใช้เฉพาะเพื่อระบุตัวนำต่อลงดินป้องกันและตัวนำเชื่อมต่อป้องกัน

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2.6.4 ขั้วต่อ

2.6.4.1 ทั่วไป

ข้อกำหนดข้อ 2.6.4.2 และข้อ 2.6.4.3 ใช้กับขั้วต่อลงดินป้องกันที่จัดเตรียมขึ้นให้เป็นไปตามข้อ 2.6.1 ก) ถึงข้อ 2.6.1 ง) เท่านั้น

หมายเหตุ สำหรับข้อกำหนดเพิ่มเติมเกี่ยวกับขั้วต่อ ให้ดูข้อ 3.3

สำหรับการต่อลงดินป้องกันที่จัดเตรียมขึ้นให้เป็นไปตามข้อ 2.6.1 จ) ข้อ 2.6.1 ฉ) และข้อ 2.6.1 ช) เพียงพอสำหรับชั่วคราวที่เป็นไปตามข้อ 3.3

2.6.4.2 ขั้วต่อลงดินป้องกันและชั่วคราวเชื่อมต่อกัน

บริภัณฑ์ที่ต้องการการต่อลงดินป้องกันต้องมีขั้วต่อลงดินป้องกันหลัก สำหรับบริภัณฑ์ที่มีสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดได้ ขั้วต่อลงดินในเต้าเสียบเครื่องใช้ถือเป็นขั้วต่อลงดินป้องกันหลัก

ถ้าบริภัณฑ์สามารถต่อเข้ากับแหล่งจ่ายได้มากกว่า 1 แหล่งจ่าย (เช่นที่มีแรงดันไฟฟ้าหรือความถี่ต่าง ๆ หรือเป็นแหล่งจ่ายสำรอง) ยอมให้มีขั้วต่อลงดินป้องกันหลักสำหรับต่อเข้ากับแหล่งจ่ายแต่ละแหล่งจ่ายแยกกันได้ ในกรณีนี้ขั้วต่อต้องมีขนาดตามพิกัดของด้านเข้าแหล่งจ่ายที่เกี่ยวข้อง ขั้วต่อต้องออกแบบให้ต้านทานการหลุดหลวมโดยบังเอิญของตัวนำ โดยทั่วไปการออกแบบที่ใช้กันทั่วไปสำหรับชั่วคราวนำกระแสไฟฟ้านอกเหนือจากชั่วคราวแบบจับตัวนำด้วยปลายหมุดเกลียวยึด ให้ความยืดหยุ่นที่เพียงพอที่จะเป็นไปตามข้อกำหนดนี้ สำหรับการออกแบบอื่นต้องมีสิ่งที่จัดเตรียมเพิ่มเติม เช่น การใช้ส่วนซึ่งมีการยึดหยุ่นที่เพียงพอที่มักไม่ถูกถอดโดยไม่ตั้งใจ

ยกเว้นที่ระบุไว้ข้างล่างนี้ ขั้วต่อลงดินป้องกันและชั่วคราวเชื่อมต่อกันแบบจับตัวนำด้วยปลายหมุดเกลียวยึดแบบสลักเกลียวปล่อยหรือแบบหมุดเกลียวทั้งหมด ต้องมีขนาดไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ในตารางที่ 3จ (ดูข้อ 3.3.5)

ในกรณีที่ชั่วคราวเชื่อมต่อกันไม่เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3จ (ดูข้อ 3.3.5) ต้องทดสอบตัวนำเชื่อมต่อกันที่ต่อเข้ากับชั่วคราวนั้นตามที่ระบุไว้ในข้อ 2.6.3.1

ขั้วต่อลงดินป้องกันหลักสำหรับบริภัณฑ์ต่ออย่างถาวร ต้อง

- ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่เข้าถึงได้ง่ายในขณะต่อแหล่งจ่าย และ
- มีชั่วคราวแบบจับตัวนำด้วยปลายหมุดเกลียวยึด แบบสลักเกลียวปล่อย แบบหมุดเกลียว แบบสลักเกลียวหรือที่คล้ายกัน พร้อมอุปกรณ์ติดตั้งที่จำเป็นเตรียมไว้ให้จากโรงงาน เมื่อตัวนำต่อลงดินป้องกันมีขนาดใหญ่กว่า 7 ตารางมิลลิเมตร (เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร)

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด

2.6.4.3 การแยกตัวนำต่อลงดินป้องกันออกจากตัวนำเชื่อมต่อกัน

ต้องมีการแยกชั่วคราวสายซึ่งอาจอยู่บนบัสบาร์เดียวกันได้ โดยชั่วคราวสำหรับตัวนำต่อลงดินป้องกันหรือชั่วคราวสำหรับตัวนำต่อลงดินป้องกันแต่ละตัว ถ้ามีมากกว่า 1 ตัว และชั่วคราวหรือมากกว่าสำหรับตัวนำเชื่อมต่อกัน

อย่างไรก็ตาม ยอมให้จัดเตรียมชั่วคราวสายเพียงชั่วคราวเดียวแบบหมุดเกลียวหรือแบบสลักเกลียวปล่อยในบริภัณฑ์ต่ออย่างถาวรที่มีสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดไม่ได้ และในบริภัณฑ์เสียบได้แบบ A หรือแบบ B ที่มีสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดไม่ได้แบบพิเศษ หากชั่วคราวสายของตัวนำต่อลงดินป้องกันแยกออกด้วยแป้นเกลียวจากของตัวนำเชื่อมต่อกัน ลำดับของชั้นของชั่วคราวสายของตัวนำต่อลงดินป้องกันและตัวนำเชื่อมต่อกันไม่ได้ระบุไว้

ยอมให้ใช้ชั่วคราวสายเพียงชั่วคราวเดียวในบริภัณฑ์ที่มีเต้าเสียบเครื่องใช้ได้ด้วย

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2.6.5 ความสมบูรณ์ของการต่อลงดินป้องกัน

2.6.5.1 การต่อระหว่างบริเวณ

ในระบบของบริเวณที่ต่อเนื่องกัน การต่อลงดินป้องกันต้องได้รับการรับประกันสำหรับทุกบริเวณที่ต้องการการต่อลงดินป้องกัน ไม่ว่าบริเวณในระบบจะอยู่ตำแหน่งใด บริเวณที่มีตัวนำเชื่อมต่อป้องกันเพื่อคงความต่อเนื่องของวงจรต่อลงดินป้องกันให้กับบริเวณอื่นในระบบ ต้องไม่ทำเครื่องหมาย □ (60417-1-IEC-5172) บริเวณดังกล่าวต้องจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่บริเวณอื่นในระบบ (ดูข้อ 2.6.5.3) การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2.6.5.2 ส่วนประกอบในตัวนำต่อลงดินป้องกันและตัวนำเชื่อมต่อป้องกัน

ตัวนำต่อลงดินป้องกันและตัวนำเชื่อมต่อป้องกันต้องไม่มีสวิตช์หรืออุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2.6.5.3 การปลดวงจรต่อลงดินป้องกัน

การต่อลงดินป้องกันต้องอยู่ในลักษณะที่การปลดวงจรต่อลงดินป้องกันที่จุดหนึ่งในหน่วยหรือระบบจะไม่ตัดการต่อลงดินป้องกันของส่วนหรือหน่วยอื่นในระบบ นอกจากว่าแรงดันไฟฟ้าอันตรายได้ถูกตัดออกไปพร้อมกัน การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2.6.5.4 ส่วนที่ผู้ใช้เครื่องถอดออกได้

การต่อลงดินป้องกันต้องต่อก่อนที่จะต่อวงจรแหล่งจ่าย และตัดวงจรแหล่งจ่ายก่อนที่จะปลดการต่อลงดินป้องกันทีหลัง ในแต่ละกรณีต่อไปนี้

- ตัวต่อของส่วนที่ผู้ใช้เครื่องถอดได้ซึ่งมีการต่อลงดินป้องกัน
- เต้าเสียบบนสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้า
- คู่เต้าต่อเครื่องใช้

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2.6.5.5 ส่วนที่ถอดออกในระหว่างการซ่อมบำรุง

ต้องออกแบบการต่อลงดินป้องกันในลักษณะที่ไม่ให้มีการปลดวงจรในการซ่อมบำรุง ยกเว้นกรณีที่มีการถอดส่วนซึ่งการต่อลงดินนี้ป้องกันอยู่ ให้ตัดแรงดันไฟฟ้าอันตรายออกจากส่วนนั้นในเวลาเดียวกัน

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2.6.5.6 ความต้านทานการกักกร่อน

ส่วนนำไฟฟ้าซึ่งสัมผัสกับขั้วต่อลงดินป้องกันและจุดต่อลงดินป้องกัน ต้องไม่ถูกกัดกร่อนอย่างรุนแรงเนื่องจากปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าในภาวะการทำงาน การเก็บรักษา หรือการขนส่ง ตามที่ระบุไว้ในข้อแนะนำที่หามาพร้อมกับบริเวณ

ต้องหลีกเลี่ยงการสัมผัสกันของตัวนำที่อยู่เหนือเส้นในภาคผนวก ฅ. ความต้านทานการกักกร่อนทำได้โดยกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าหรือเคลือบผิวที่เหมาะสม

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและโดยการอ้างอิงถึงตารางศักย์เคมีไฟฟ้า (ภาคผนวก ณ.)

2.6.5.7 หมุดเกลียวสำหรับการเชื่อมต่อป้องกัน

หมายเหตุ ข้อกำหนดต่อไปนี้เป็นส่วนเพิ่มเติมในข้อ 3.1.6

ยอมให้ใช้หมุดเกลียวทำเกลียวขณะขันเข้าและหมุดเกลียวเกลียวห่าง (ใช้กับโลหะแผ่น) กับการเชื่อมต่อป้องกัน แต่การต่อต้องไม่ถูกรบกวนในระหว่างการใช้งาน

ในกรณีใด ๆ ก็ตาม ความหนาของส่วนโลหะที่จุดซึ่งขันหมุดเกลียวเข้าไปต้องไม่น้อยกว่า 2 เท่าของพิชช์ของเกลียว ยอมให้ใช้การอัดรีดเพื่อเพิ่มความหนาของส่วนโลหะ

ใช้หมุดเกลียวอย่างน้อย 2 ตัวสำหรับแต่ละจุดต่อ อย่างไรก็ตาม ยอมให้ใช้หมุดเกลียวทำเกลียวขณะขันเข้าตัวเดียวหากความหนาของส่วนโลหะที่จุดที่ขันหมุดเกลียวเข้าไปหนาอย่างน้อย 0.9 มิลลิเมตรสำหรับหมุดเกลียวแบบทำเกลียว และหนาอย่างน้อย 1.6 มิลลิเมตรสำหรับหมุดเกลียวแบบตัดเกลียว

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2.6.5.8 ความเชื่อถือได้บนโครงข่ายโทรคมนาคมหรือระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล

การต่อลงดินป้องกันต้องไม่ขึ้นอยู่กับโครงข่ายโทรคมนาคม

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2.7 การป้องกันกระแสเกินและความผิดปกติของดินในวงจรปฐมภูมิ

2.7.1 ข้อกำหนดพื้นฐาน

ต้องจัดให้มีการป้องกันในวงจรปฐมภูมิต่อกระแสเกิน การลัดวงจร และความผิดปกติของดิน ในลักษณะที่เป็นส่วนรวมหน่วยกับบริภัณฑ์หรือเป็นส่วนหนึ่งของสิ่งติดตั้งของอาคาร

ถ้าบริภัณฑ์เสียได้แบบ B หรือบริภัณฑ์ต่ออย่างถาวรขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ป้องกันในสิ่งติดตั้งเพื่อการป้องกันของอาคาร ข้อแนะนำการติดตั้งบริภัณฑ์ต้องแจ้งและระบุความต้องการสำหรับการป้องกันการลัดวงจรหรือการป้องกันกระแสเกินหรือทั้งสองอย่าง (ในกรณีที่จำเป็น)

2.7.2 ความผิดปกติที่ไม่ครอบคลุมในข้อ 5.3

การป้องกันความผิดปกติที่ไม่ครอบคลุมในข้อ 5.3 เช่น การลัดวงจรไปยังส่วนต่อลงดินป้องกันจากสายไฟฟ้าในวงจรปฐมภูมิ ไม่จำเป็นต้องติดตั้งในลักษณะที่เป็นส่วนรวมหน่วยกับบริภัณฑ์

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2.7.3 การป้องกันการลัดวงจรสำรอง

นอกจากมีการป้องกันการลัดวงจรสำรองที่เหมาะสม อุปกรณ์ป้องกันต้องมีวิสัยสามารถตัดกระแสที่ผิดปกติพอที่จะตัดกระแสผิดปกติสูงสุด (รวมทั้งกระแสลัดวงจร) ได้

สำหรับบริภัณฑ์ต่ออย่างถาวรหรือบริภัณฑ์เสียได้แบบ B ยอมให้การป้องกันการลัดวงจรสำรองอยู่ในสิ่งติดตั้งของอาคาร

สำหรับบริภัณฑ์เสียได้แบบ A ให้พิจารณาสิ่งติดตั้งของอาคารเป็นการป้องกันการลัดวงจรสำรองที่จัดให้มี

หมายเหตุ ถ้าใช้ฟิวส์ซึ่งเป็นไปตาม IEC 60127 ในวงจรปฐมภูมิ ฟิวส์นั้นต้องมีวิสัยสามารถตัดกระแสผิดพ่วงสูง (1 500 แอมแปร์) ถ้ากระแสลัดวงจรที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเกิน 35 แอมแปร์ หรือ 10 เท่าของพิกัดกระแส ที่กำหนดของฟิวส์ แล้วแต่ค่าใดจะมากกว่า

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการทดสอบตามข้อ 5.3

2.7.4 จำนวนและตำแหน่งของอุปกรณ์ป้องกัน

ในวงจรปฐมภูมิ ระบบหรืออุปกรณ์ป้องกันต้องมีจำนวนและตำแหน่งติดตั้งที่ตรวจจับและตัดกระแสเกินที่ไหลในเส้นทางกระแสผิดพ่วงใดๆ ที่เป็นไปได้ (เช่น เฟสถึงเฟส เฟสถึงสายกลาง เฟสถึงตัวนำต่อลงดินป้องกัน หรือเฟสถึงตัวนำเชื่อมต่อป้องกัน)

ไม่ต้องการป้องกันความผิดพ่วงลงดินในบริเวณที่ในกรณีใดกรณีหนึ่งต่อไปนี้

- ไม่มีการต่อกับดิน หรือ
- มีฉนวนคู่หรือฉนวนเสริมระหว่างวงจรปฐมภูมิกับส่วนที่ต่อลงดินทุกส่วน

หมายเหตุ 1. ในกรณีที่มีฉนวนคู่หรือฉนวนเสริม การลัดวงจรลงดินถือว่าเป็นความผิดพ่วง 2 ความผิดพ่วงในแหล่งจ่ายที่ใช้ตัวนำเฟสมากกว่า 1 เส้นต่อกับโหลด ถ้าอุปกรณ์ป้องกันตัดตัวนำเป็นกลาง อุปกรณ์ป้องกันนั้นต้องตัดตัวนำแหล่งจ่ายเส้นอื่นด้วย หมายถึงต้องไม่ใช้อุปกรณ์ป้องกันชั่วคราวในกรณีดังกล่าว

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และในกรณีจำเป็นให้ทดสอบโดยการจำลองภาวะผิดพ่วงเดียว (ดูข้อ 1.1.14)

หมายเหตุ 2. สำหรับอุปกรณ์ป้องกันซึ่งเป็นส่วนรวมหน่วยกับบริษัท ตัวอย่างของจำนวนฟิวส์หรือจำนวนขั้วของเครื่องตัดวงจรและตำแหน่งติดตั้งที่ใช้ตัดกระแสผิดพ่วงในระบบจ่ายไฟที่ต่อร่วมกัน แสดงไว้ในตารางที่ 2จ (สำหรับบริษัทหรือชุดประกอบย่อยเฟสเดียว) และในตารางที่ 2ฉ (สำหรับบริษัท 3 เฟส) ตัวอย่างดังกล่าวอาจไม่ถูกต้องสำหรับอุปกรณ์ป้องกันที่ติดตั้งมาพร้อมกับอาคาร

ตารางที่ 2จ ตัวอย่างที่แนะนำของอุปกรณ์ป้องกันในบริษัทหรือชุดประกอบย่อยเฟสเดียว
(ข้อ 2.7.4)

การต่อแหล่งจ่ายบริษัท	การป้องกัน	จำนวนต่ำสุดของฟิวส์หรือขั้วของเครื่องตัดวงจร	ตำแหน่งติดตั้ง
กรณี ก : บริษัทต่อเข้ากับระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าที่มีการระบุสายกลางที่ต่อลงดินอย่างเชื่อถือได้ ยกเว้นสำหรับกรณี ค ข้างล่าง	ความผิดพ่วงลงดิน	1	ตัวนำเฟส
	กระแสเกิน	1	ตัวนำใดตัวนำหนึ่ง
กรณี ข : บริษัทต่อเข้ากับแหล่งจ่ายใดๆ รวมถึงระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า IT และแหล่งจ่ายที่มีเต้าเสียบกลับขั้วได้ ยกเว้นกรณี ค ข้างล่าง	ความผิดพ่วงลงดิน	2	ตัวนำทั้งสอง
	กระแสเกิน	1	ตัวนำใดตัวนำหนึ่ง
กรณี ค : บริษัทต่อเข้ากับระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า 3 สายที่มีการระบุสายกลางอย่างเชื่อถือได้	ความผิดพ่วงลงดิน	2	ตัวนำเฟสแต่ละเส้น
	กระแสเกิน	2	ตัวนำเฟสแต่ละเส้น

ตารางที่ 2ฉ ตัวอย่างที่แนะนำของอุปกรณ์ป้องกันในบริภัณฑ์ 3 เฟส
(ข้อ 2.7.4)

ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า	จำนวนตัวนำ ป้อน	การป้องกัน	จำนวนต่ำสุดของฟิวส์หรือ ขั้วของเครื่องตัดวงจร	ตำแหน่งติดตั้ง
3 เฟสไม่มีสายกลาง	3	ความผิดปกติพร้อมลงดิน	3	ตัวนำทั้งสาม
		กระแสเกิน	2	ตัวนำเส้นใด ๆ
มีสายกลางต่อลงดิน (TN หรือ TT)	4	ความผิดปกติพร้อมลงดิน	3	ตัวนำเฟสแต่ละเส้น
		กระแสเกิน	3	ตัวนำเฟสแต่ละเส้น
มีสายกลางไม่ต่อลงดิน	4	ความผิดปกติพร้อมลงดิน	4	ตัวนำทั้งสี่
		กระแสเกิน	3	ตัวนำเฟสแต่ละเส้น

2.7.5 การป้องกันโดยอุปกรณ์หลายอย่าง

กรณีใช้อุปกรณ์ป้องกันในขั้วของแหล่งจ่ายมากกว่า 1 ขั้วเพื่อจ่ายพลังงานให้แก่โหลดที่กำหนดให้อุปกรณ์เหล่านั้นต้องวางอยู่ด้วยกัน ยอมให้รวมอุปกรณ์ป้องกันตั้งแต่ 2 อุปกรณ์ขึ้นไปในส่วนประกอบหนึ่ง

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2.7.6 การเตือนผู้ซ่อมบำรุง

ต้องจัดให้มีฉลากที่เหมาะสมบนบริภัณฑ์หรือข้อความในข้อแนะนำการซ่อมบำรุงเพื่อเตือนผู้ซ่อมบำรุงเกี่ยวกับอันตรายที่เป็นไปได้ ภายใต้ทั้งสองเงื่อนไขดังต่อไปนี้

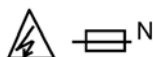
- ใช้ฟิวส์ในสายกลางของบริภัณฑ์เฟสเดียวทั้งที่ต่ออย่างถาวรหรือที่มีแต่เสียบไม่สามารถใช้กลับซ้ำได้ และ
- ภายหลังฟิวส์ทำงาน ส่วนของบริภัณฑ์ซึ่งยังคงได้รับพลังงานไฟฟ้าที่อาจมีอันตรายในระหว่างการซ่อมบำรุง

ข้อความต่อไปนี้หรือที่คล้ายกันถือว่าเหมาะสม

คำเตือน

ขั้วคู่/ใช้ฟิวส์ในสายกลาง

นอกเหนือจากใช้ข้อความข้างต้นบนฉลาก ยอมให้ใช้สัญลักษณ์แทนได้ ซึ่งรวมทั้งสัญลักษณ์อันตรายชื่อไฟฟ้า ISO 3864 No.5036 สัญลักษณ์ฟิวส์ 60417-1-IEC-5016 และการแสดงว่าฟิวส์เป็นสายกลาง อย่างไรก็ตามในกรณีนี้ต้องจัดให้มีในคำแนะนำการซ่อมบำรุงด้วย



2.8 อินเทอร์เน็ตการนิรภัย

2.8.1 หลักการทั่วไป

ต้องมีอินเทอร์เน็ตการนิรภัยในพื้นที่เกี่ยวเนื่องซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึงมีอันตรายอยู่เป็นปกติวิสัยในความหมายของมาตรฐานนี้

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2.8.2 ข้อกำหนดเกี่ยวกับการป้องกัน

ต้องออกแบบอินเตอร์ล็อกนิรภัยในลักษณะที่อันตรายถูกกำจัดไปก่อนที่ฝาครอบ ประตู ฯลฯ อยู่ในตำแหน่งใดๆ ที่นิวททดสอบตามรูปที่ 2ก (ดูข้อ 2.1.1) สามารถเข้าไปสัมผัสกับส่วนอันตรายได้

เพื่อการป้องกันช็อกไฟฟ้า การแผ่รังสี และพลังงานอันตราย เมื่อเอาออก เปิด หรือดึงฝาครอบและประตู ฯลฯ ต้อง

- กำจัดพลังงานไฟฟ้าของส่วนนั้นออกก่อนหรือ
- เริ่มการปลดวงจรของแหล่งจ่ายที่จ่ายไปยังส่วนนั้นอย่างอัตโนมัติ และลดแรงดันไฟฟ้าลงเหลือ 42.4 โวลต์ค่ายอด หรือ 60 โวลต์กระแสตรง หรือต่ำกว่า และลดระดับพลังงานเหลือน้อยกว่า 20 จูลภายใน 2 วินาที

ส่วนที่เคลื่อนที่ได้อย่างต่อเนื่องด้วยโมเมนตัมและให้อันตรายทางกลอย่างต่อเนื่อง เช่น ลูกกลิ้งพิมพ์ที่หมุน (spinning print drum) เมื่อเอาออก เปิด หรือดึงฝาครอบและประตู ฯลฯ ต้อง

- ลดการเคลื่อนที่ลงสู่ระดับปลอดภัยที่ยอมรับได้ก่อน หรือ
- เริ่มการลดการเคลื่อนที่ลงสู่ระดับปลอดภัยที่ยอมรับได้โดยอัตโนมัติ

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ การวัด และการใช้นิวททดสอบตามรูปที่ 2ก (ดูข้อ 2.1.1.1)

2.8.3 การกระตุ้นซ้ำโดยบังเอิญ

ต้องออกแบบอินเตอร์ล็อกนิรภัยในลักษณะที่อันตรายไม่เกิดขึ้นเมื่อมีการกระตุ้นซ้ำโดยบังเอิญ ขณะที่ฝาครอบ ตัวป้องกัน ประตู ฯลฯ ไม่อยู่ที่ตำแหน่งปิด

อินเตอร์ล็อกนิรภัยใดๆ ที่เข้าถึงได้ ซึ่งทำงานโดยใช้นิวททดสอบตามรูปที่ 2ก (ดูข้อ 2.1.1.1) ให้ถือว่าเป็นจุดที่มักก่อให้เกิดอันตรายอันเนื่องจากการกระตุ้นซ้ำโดยบังเอิญ

ต้องเลือกสวิตช์อินเตอร์ล็อกนิรภัยที่ไม่ก่อให้เกิดการสวิตช์ไปสู่ภาวะไม่ปลอดภัยโดยบังเอิญโดยคำนึงถึงช็อกทางกล และการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในการใช้งานปกติ

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และถ้าจำเป็นโดยการทดสอบด้วยนิวททดสอบตามรูปที่ 2ก (ดูข้อ 2.1.1.1)

2.8.4 การทำงานอย่างปลอดภัยเมื่อล้มเหลว (fail-safe operation)

ต้องออกแบบและสร้างระบบอินเตอร์ล็อกนิรภัยให้เป็นไปตามกรณีใดกรณีหนึ่งต่อไปนี้

- ระบบอินเตอร์ล็อกนิรภัยของบริภัณฑ์ในระหว่างอายุการใช้งานปกติต้องไม่ทำงานล้มเหลว และแม้ว่าความล้มเหลวเกิดขึ้น ต้องไม่ทำให้เกิดอันตรายที่รุนแรง หรือ
- ระบบอินเตอร์ล็อกนิรภัยของบริภัณฑ์ในระหว่างอายุการใช้งานปกติอาจทำงานล้มเหลวได้ แบบวิธีล้มเหลวที่เป็นไปได้จะไม่สร้างอันตรายซึ่งต้องมีการป้องกัน

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจสอบระบบอินเตอร์ล็อกนิรภัย แผนภาพ วงจร และข้อมูลที่ได้ และถ้าจำเป็นให้ทดสอบโดยการจำลองความผิดพลาดเดี่ยว (ดูข้อ 1.4.14) เช่น ความล้มเหลวของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำหรือส่วนประกอบทางกลไฟฟ้า ชิ้นส่วนในระบบทางกลหรือทางกลไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ไม่ต้องทดสอบความผิดพลาดเดี่ยวจำลอง ถ้าเป็นไปตามข้อ 2.8.5 และข้อ 2.8.7

ยอมให้ใช้ระบบอินเตอร์ล็อกนิรภัยจำลองสำหรับการทดสอบ

2.8.5 ส่วนเคลื่อนที่

ส่วนทางกลที่มีการเคลื่อนที่ในระบบอินเทอร์ล็อกนิรภัยทางกลไฟฟ้าต้องมีความทนทานเพียงพอ การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจสอบระบบอินเทอร์ล็อกนิรภัย ข้อมูลที่หาได้ และถ้าจำเป็นโดยการให้ทำงานเป็นวัฏจักร 10 000 ครั้ง โดยไม่เกิดความล้มเหลวอื่นนอกเหนือจากในแบบวิธีปลอดภัย (safe mode)

หมายเหตุ การทดสอบข้างต้นทำเพื่อตรวจสอบความทนทานของส่วนเคลื่อนที่นอกเหนือจากสวิตช์และรีเลย์ในระบบอินเทอร์ล็อกนิรภัย ถ้ามีสวิตช์และรีเลย์ในระบบอินเทอร์ล็อกนิรภัย ต้องเป็นไปตามข้อ 2.8.7 ในกรณีต้องการทดสอบตามข้อ 2.8.7.3 เพิ่มจากการทดสอบข้างต้น ให้รวมการทดสอบเข้าด้วยกัน

2.8.6 การยกเลิกการทำงาน

ในกรณีจำเป็นที่ผู้ซ่อมบำรุงต้องยกเลิกการทำงานของอินเทอร์ล็อกนิรภัย ระบบยกเลิกการทำงานต้องเป็นดังต่อไปนี้ทั้งหมด

- ต้องกระทำโดยเจตนา และ
- ต้องตั้งใหม่ไปสู่ภาวะการทำงานปกติโดยอัตโนมัติเมื่อการซ่อมบำรุงเสร็จสิ้น หรือป้องกันไม่ให้คืนสู่ภาวะการทำงานปกตินอกจากผู้ซ่อมบำรุงได้ทำให้คืนสู่สภาพเดิม และ
- ต้องการเครื่องมือสำหรับการทำงานเมื่ออยู่ในพื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึงและไม่สามารถทำงานได้เมื่อใช้น้ำทดสอบ รูปที่ 2ก (ดูข้อ 2.1.1.1) และ
- ต้องไม่ต่อข้ามอินเทอร์ล็อกนิรภัยที่ป้องกันอันตรายที่รุนแรง นอกจากว่าจะมีการป้องกันความปลอดภัยอื่นที่เชื่อถือได้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพเมื่ออินเทอร์ล็อกนิรภัยนั้นถูกต่อข้าม ต้องออกแบบบริบทในลักษณะที่อินเทอร์ล็อกนิรภัยไม่สามารถถูกต่อข้ามจนมีการป้องกันอื่นเข้ามาทำงานแทนอย่างสมบูรณ์

การตรวจสอบให้ปฏิบัติโดยการตรวจพินิจ

2.8.7 สวิตช์และรีเลย์

สวิตช์ในระบบอินเทอร์ล็อกนิรภัย ต้อง

- เป็นสวิตช์ที่เป็นไปตาม IEC 61058-1 พร้อมกับการประเมินผลการทำงานเป็นวัฏจักรจำนวน 10 000 ครั้ง ตาม IEC 61058-1 ข้อ 7.1.4.4 หรือ
- เป็นไปตามข้อ 2.8.7.1 และเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบ ข้อ 2.8.7.3 และข้อ 2.8.7.4 หรือ
- เป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบ ข้อ 2.8.7.2 ข้อ 2.8.7.3 และข้อ 2.8.7.4

รีเลย์ในระบบอินเทอร์ล็อก ต้อง

- เป็นไปตามข้อ 2.8.7.1 และเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบ ข้อ 2.8.7.3 และข้อ 2.8.7.4 หรือ
- เป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบ ข้อ 2.8.7.2 ข้อ 2.8.7.3 และข้อ 2.8.7.4

2.8.7.1 ช่องว่างหน้าสัมผัส

ถ้าช่องว่างหน้าสัมผัสอยู่ในวงจรปฐมภูมิ ช่องว่างหน้าสัมผัสต้องไม่น้อยกว่าช่องว่างที่กำหนดไว้สำหรับอุปกรณ์ปลดวงจร (ดูข้อ 3.4.2) ถ้าช่องว่างหน้าสัมผัสอยู่ในวงจรอื่นนอกเหนือจากวงจรปฐมภูมิ ช่องว่างหน้าสัมผัสต้องมีค่าไม่น้อยกว่าค่าระยะห่างในอากาศต่ำสุดสำหรับฉนวนมาตรฐานในวงจรทุติยภูมิ ตามที่กำหนดไว้ในข้อ 2.10.3.3 สำหรับฉนวนมาตรฐานในวงจรทุติยภูมิ

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจสอบข้อมูลที่หาได้ และถ้าจำเป็นโดยการวัด

2.8.7.2 การทดสอบการเกินกำลัง

หน้าสัมผัสของสวิตช์หรือรีเลย์ของอินเตอร์ล็อกนิรภัยต้องทดสอบการเกินกำลัง 50 วัฏจักร ที่อัตรา 6 ถึง 10 วัฏจักรต่อนาที ทำการตัดและต่อกระแสไฟฟ้าที่ร้อยละ 150 ของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ งาน ยกเว้นหน้าสัมผัสที่ใช้ตัดต่อโหลดที่เป็นมอเตอร์ ให้ทดสอบในภาวะที่โรเตอร์ของมอเตอร์ถูก ล็อก ภายหลังการทดสอบสวิตช์หรือรีเลย์ต้องยังคงทำงานได้

2.8.7.3 การทดสอบความทนทาน

หน้าสัมผัสของสวิตช์หรือรีเลย์ของอินเตอร์ล็อกนิรภัยต้องทดสอบความทนทานโดยการตัดและต่อ ร้อยละ 100 ของกระแสที่ใช้งานเป็นวัฏจักรที่อัตรา 6 ถึง 10 ครั้งต่อนาที ยอมให้ใช้อัตราที่สูงกว่า นี้ถ้าผู้ทำร้องขอ สำหรับรีดสวิตช์ (reed switch) ในวงจร ELV วงจร SELV และวงจร TNV-1 ให้ทดสอบเป็นวัฏจักรจำนวน 100 000 ครั้ง สำหรับสวิตช์และรีเลย์อื่น ให้ทดสอบเป็นวัฏจักร จำนวน 10 000 ครั้ง ภายหลังการทดสอบสวิตช์หรือรีเลย์ต้องยังคงทำงานได้

2.8.7.4 การทดสอบความทนทานไฟฟ้า

ยกเว้นรีดสวิตช์ ในวงจร ELV วงจร SELV และวงจร TNV-1 ให้ทดสอบความทนทานไฟฟ้าตาม ที่ระบุในข้อ 5.2.2 ระหว่างหน้าสัมผัสภายหลังการทดสอบข้อ 2.8.7.2 และข้อ 2.8.7.3 ถ้าหน้า สัมผัสอยู่ในวงจรปฐมภูมิ ให้ใช้แรงดันไฟฟ้าทดสอบที่ระบุไว้สำหรับฉนวนเสริม ถ้าหน้าสัมผัสอยู่ ในวงจรอื่นนอกเหนือจากวงจรปฐมภูมิ ให้ใช้แรงดันไฟฟ้าทดสอบที่ระบุ ไว้สำหรับฉนวนมูลฐาน ในวงจรปฐมภูมิ

2.8.8 ตัวกระตุ้นทางกล

ในกรณีที่มีการใช้ส่วนกระตุ้นในระบบอินเตอร์ล็อกนิรภัยทางกลเพื่อความปลอดภัย ต้องระมัดระวังเพื่อ ให้อย่างมั่นใจว่าส่วนนี้ไม่เกิดความเค้นเกิน ถ้าข้อกำหนดนี้ไม่ครอบคลุมถึงการออกแบบของส่วนประกอบ การเคลื่อนที่พ้นจากตำแหน่งทำงานของตัวกระตุ้นต้องจำกัดที่ร้อยละ 50 ของค่าสูงสุด (เช่น โดยการ ติดตั้งหรือตำแหน่งของอุปกรณ์เอง) หรือโดยการปรับตั้ง

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด

2.9 ฉนวนไฟฟ้า

2.9.1 สมบัติของวัสดุฉนวน

การเลือกและใช้วัสดุฉนวนต้องคำนึงถึงความต้องการทางความทนทานไฟฟ้า ความร้อนและทางกล ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าทำงาน และภาวะแวดล้อมในการทำงาน (อุณหภูมิ ความดัน ความชื้น และ มลภาวะ)

ต้องไม่ใช่วัสดุธรรมชาติ วัสดุดูดความชื้น และวัสดุที่มีส่วนประกอบของใยหินเป็นฉนวน

ต้องไม่ใช้สายพานขับและคู่ต่อประกบ (coupling) ทำหน้าที่เป็นฉนวนไฟฟ้านอกจากสายพานหรือคู่ ต่อประกบนั้นได้ออกแบบมาเป็นพิเศษเพื่อป้องกันความเสี่ยงจากการเปลี่ยนทดแทนที่ไม่เหมาะสม

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและในกรณีที่จำเป็นโดยการประเมินข้อมูลของวัสดุ

ถ้าไม่มีข้อมูลยืนยันว่าวัสดุนั้นเป็นวัสดุไม่ดูดความชื้น ลักษณะดูดความชื้นของวัสดุต้องหาโดยการนำชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบย่อยที่ใช้ฉนวนที่ต้องส่งสลายไปผ่านภาวะชื้นตามที่กำหนดในข้อ 2.9.2 จากนั้นทดสอบความทนทานไฟฟ้าตามข้อ 5.2.2 ที่เกี่ยวเนื่อง โดยฉนวนยังอยู่ในตู้อบความชื้นหรือในห้องซึ่งได้นำตัวอย่างไปไว้ที่อุณหภูมิที่กำหนด

2.9.2 การทำภาวะชื้น

ในกรณีที่จำเป็นตามข้อ 2.9.1 ข้อ 2.10.6.5 หรือข้อ 2.10.7 ให้ทำภาวะชื้นเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ในตู้หรือห้องที่อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 91 ถึงร้อยละ 95 อุณหภูมิอากาศทุกตำแหน่งที่วางตัวอย่างทดสอบได้ต้องเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส ของค่า t ใดๆ ที่อยู่ระหว่าง 20 องศาเซลเซียส กับ 30 องศาเซลเซียส ในลักษณะที่ไม่เกิดการควบแน่น ในระหว่างการทำภาวะนี้ไม่ต้องป้อนพลังงานไฟฟ้าแก่ชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบย่อย

หากผู้ทำเห็นชอบ ยอมให้ใช้เวลานานกว่า 48 ชั่วโมง

ก่อนการทำภาวะชื้น ให้ทำตัวอย่างให้มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง t องศาเซลเซียส กับ $t + 4$ องศาเซลเซียส

2.9.3 ชั้นของฉนวน

ฉนวนต้องเป็นฉนวนตามหน้าที่ ฉนวนมูลฐาน ฉนวนเพิ่มเติม ฉนวนเสริม หรือฉนวนคู่เท่านั้น

การใช้ฉนวนในสถานะธรรมดอธิบายไว้ในตารางที่ 2x และแสดงในรูปที่ 2n แต่ยังมีกรณีปัญหาและทางออกอื่น ตัวอย่างเหล่านี้ใช้เป็นข้อแนะนำเท่านั้น ในบางกรณีชั้นที่จำเป็นของฉนวนบางครั้งอาจสูงหรือต่ำกว่า กรณีที่จำเป็นต้องมีชั้นที่แตกต่างหรือถ้ามีรูปร่างรายละเอียดเฉพาะของส่วนที่ได้รับพลังงานไฟฟ้าไม่แสดงในตัวอย่างนี้ ชั้นที่จำเป็นของฉนวนควรตัดสินโดยพิจารณาจากผลของความผิพรองเดี่ยว (ดูข้อ 4.1.14) ให้ถือว่าข้อกำหนดการป้องกันช็อกไฟฟ้ายังคงอยู่

ในบางกรณีฉนวนอาจเชื่อมโยงกันโดยเส้นทางนำไฟฟ้าได้ (เช่น ในกรณีที่ใช้ข้อ 1.5.7 ข้อ 2.2.4 ข้อ 2.3.4 หรือข้อ 2.4.3) หากยังคงรักษาระดับความปลอดภัยไว้ได้

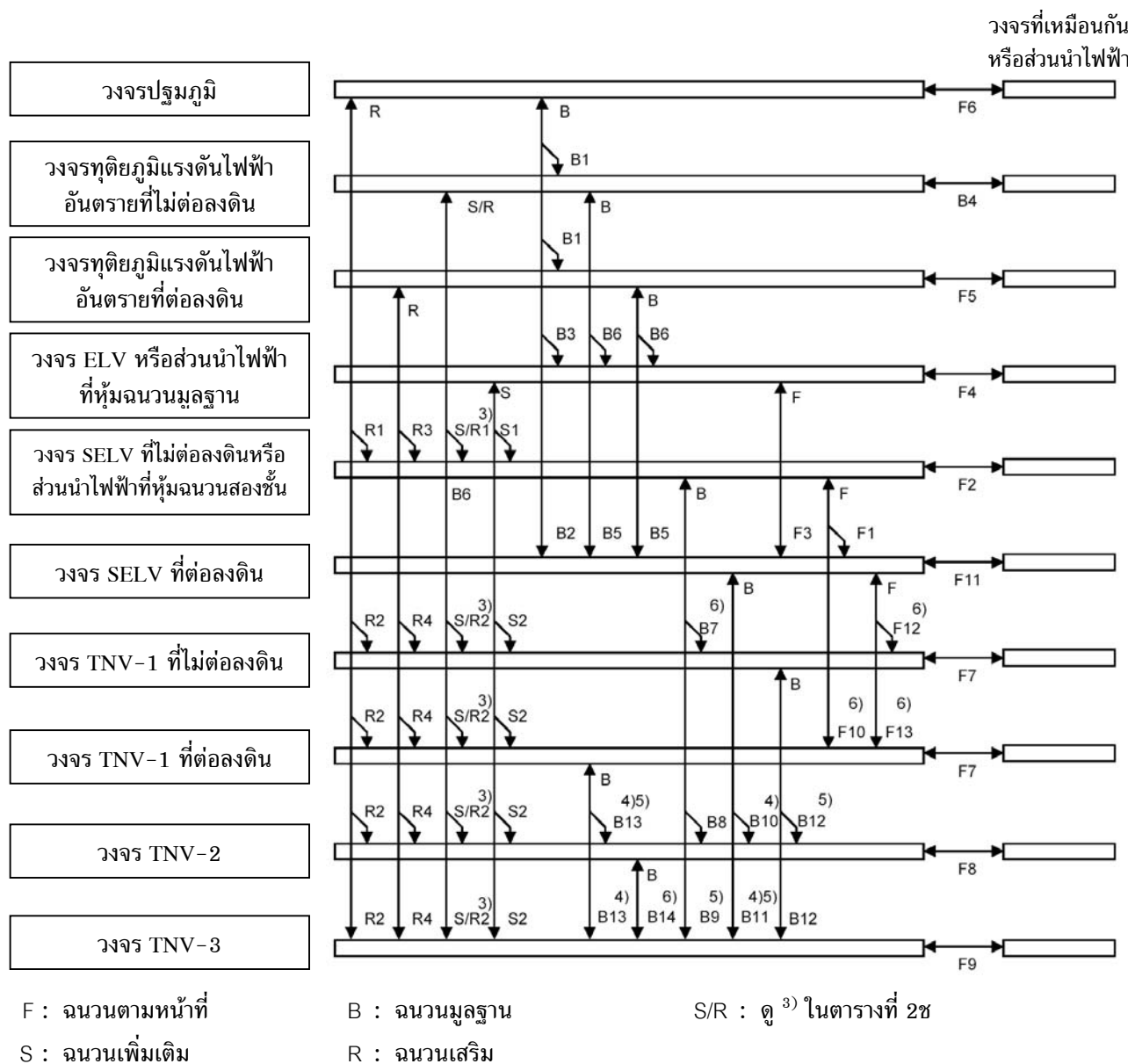
สำหรับฉนวนคู่ ยอมให้ใช้ส่วนที่เป็นฉนวนมูลฐานและฉนวนเพิ่มเติมสลับตำแหน่งกันได้ ในกรณีที่ใช้ฉนวนคู่ ยอมให้วงจร ELV หรือส่วนนำไฟฟ้าที่ไม่ต่อลงดินอยู่ระหว่างฉนวนมูลฐานกับฉนวนเพิ่มเติม หากยังคงรักษาระดับรวมของการฉนวนไว้ได้

ตารางที่ 2x ตัวอย่างการใช้ฉนวน
(ข้อ 2.3.2 และข้อ 2.9.3)

ชั้นของฉนวน	ตำแหน่งฉนวน		รูปที่ 2ฉ
	ระหว่าง	กับ	
ตามหน้าที่ ¹⁾	วงจร SELV ที่ไม่ต่อลงดิน หรือส่วนนำไฟฟ้าที่หุ้มฉนวนคู่	- ส่วนนำไฟฟ้าที่ต่อลงดิน - ส่วนนำไฟฟ้าที่หุ้มฉนวนคู่ - วงจร SELV ที่ไม่ต่อลงดิน - วงจร SELV ที่ต่อลงดิน - วงจร TNV-1 ที่ต่อลงดิน	F1 F2 F2 F1 F10 ⁶⁾
	วงจร SELV ที่ต่อลงดิน	- วงจร SELV ที่ต่อลงดิน - ส่วนนำไฟฟ้าที่ต่อลงดิน - วงจร TNV-1 ที่ไม่ต่อลงดิน - วงจร TNV-1 ที่ต่อลงดิน	F11 F11 F12 ⁶⁾ F13 ⁶⁾
	วงจร ELV หรือส่วนนำไฟฟ้าที่หุ้มฉนวนมาตรฐาน	- ส่วนนำไฟฟ้าที่ต่อลงดิน - วงจร SELV ที่ต่อลงดิน - ส่วนนำไฟฟ้าที่หุ้มฉนวนมาตรฐาน - วงจร ELV	F3 F3 F4 F4
	วงจรทุติยภูมิซึ่งมีแรงดันไฟฟ้าอันตรายที่ต่อลงดิน	วงจรทุติยภูมิที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายที่ต่อลงดิน	F5
	วงจร TNV-1	วงจร TNV-1	F7
	วงจร TNV-2	วงจร TNV-2	F8
	วงจร TNV-3	วงจร TNV-3	F9
	ส่วนอนุกรม-ขนานของขดลวดหม้อแปลง		F6
มาตรฐาน	วงจรปฐมภูมิ	- วงจรทุติยภูมิที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายที่ต่อหรือไม่ต่อลงดิน - ส่วนนำไฟฟ้าที่ต่อลงดิน - วงจร SELV ที่ต่อลงดิน - ส่วนนำไฟฟ้าที่หุ้มฉนวนมาตรฐาน - วงจร ELV	B1 B2 B2 B3 B3
	วงจรทุติยภูมิซึ่งมีแรงดันไฟฟ้าอันตรายที่ต่อหรือไม่ต่อลงดิน	- วงจรทุติยภูมิที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายที่ไม่ต่อลงดิน - ส่วนนำไฟฟ้าที่ต่อลงดิน - วงจร SELV ที่ต่อลงดิน - ส่วนนำไฟฟ้าที่หุ้มฉนวนมาตรฐาน - วงจร ELV	B4 B5 B5 B6 B6
	วงจร SELV ที่ไม่ต่อลงดิน หรือส่วนนำไฟฟ้าที่หุ้มฉนวนคู่	- วงจร TNV-1 ที่ไม่ต่อลงดิน - วงจร TNV-2 - วงจร TNV-3	B7 ⁶⁾ B8 B9 ⁵⁾
	วงจร SELV ที่ต่อลงดิน	- วงจร TNV-2 - วงจร TNV-3	B10 ⁴⁾ B11 ^{4) 5)}
	วงจร TNV-2	- วงจร TNV-1 ที่ไม่ต่อลงดิน - วงจร TNV-1 ที่ต่อลงดิน - วงจร TNV-3	B12 ⁵⁾ B13 ^{4) 5)} B14 ⁶⁾
	วงจร TNV-3	- วงจร TNV-1 ที่ไม่ต่อลงดิน - วงจร TNV-1 ที่ต่อลงดิน	B12 B13 ⁴⁾

ตารางที่ 2x ตัวอย่างการใช้ฉนวน (ต่อ)

ชั้นของฉนวน	ตำแหน่งฉนวน		ดูรูปที่ 2ฉ
	ระหว่าง	กับ	
เพิ่มเติม	ส่วนนำไฟฟ้าที่หุ้มฉนวนมูลฐานหรือวงจร ELV	- ส่วนนำไฟฟ้าที่หุ้มฉนวนคู่ - วงจร SELV ที่ไม่ต่อลงดิน	S1 ²⁾ S1 ²⁾
	วงจร TNV	- ส่วนนำไฟฟ้าที่หุ้มฉนวนมูลฐาน - วงจร ELV	S2 ⁴⁾ S2
เพิ่มเติมหรือเสริม	วงจรทุติยภูมิซึ่งมีแรงดันไฟฟ้าอันตรายที่ไม่ต่อลงดิน	- ส่วนนำไฟฟ้าที่หุ้มฉนวนคู่ - วงจร SELV ที่ไม่ต่อลงดิน - วงจร TNV	S/R1 ³⁾ S/R1 ³⁾ S/R2 ³⁾
เสริม	วงจรปฐมภูมิ	- ส่วนนำไฟฟ้าที่หุ้มฉนวนคู่ - วงจร SELV ที่ไม่ต่อลงดิน - วงจร TNV	R1 R1 R2
	วงจรทุติยภูมิซึ่งมีแรงดันไฟฟ้าอันตรายที่ต่อลงดิน	- ส่วนนำไฟฟ้าที่หุ้มฉนวนคู่ - วงจร SELV ที่ไม่ต่อลงดิน - วงจร TNV	R3 R3 R4
1) ดูข้อ 5.3.4 สำหรับข้อกำหนดสำหรับฉนวนตามหน้าที่ 2) แรงดันไฟฟ้าทำงานของฉนวนเพิ่มเติมระหว่างวงจร ELV หรือส่วนนำไฟฟ้าที่หุ้มฉนวนมูลฐานกับส่วนนำไฟฟ้าที่แต่ละต้องถึงที่ไม่ต่อลงดินเท่ากับแรงดันไฟฟ้าทำงานที่มากที่สุดสำหรับฉนวนมูลฐาน แรงดันไฟฟ้าทำงานที่มากที่สุดอาจเป็นแรงดันไฟฟ้าเนื่องจากวงจรปฐมภูมิ หรือวงจรทุติยภูมิและการฉนวนต้องกำหนดตามนั้น 3) ฉนวนระหว่างวงจรทุติยภูมิที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายที่ไม่ต่อลงดินกับส่วนนำไฟฟ้าที่แต่ละต้องถึงหรือวงจรที่ไม่ต่อลงดิน (อ้างอิง S/R ในรูปที่ 2ฉ) ต้องดีกว่าลักษณะเฉพาะที่กำหนดดังต่อไปนี้ - ฉนวนเสริมซึ่งมีแรงดันไฟฟ้าทำงานเท่ากับแรงดันไฟฟ้าอันตราย หรือ - ฉนวนเพิ่มเติมซึ่งมีแรงดันไฟฟ้าทำงานเท่ากับแรงดันไฟฟ้าระหว่างวงจรทุติยภูมิที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตราย กับ • วงจรทุติยภูมิอื่นที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตราย หรือ • วงจรปฐมภูมิ ตัวอย่างนี้จะนำมาใช้ถ้า - มีเพียงฉนวนมูลฐาน ระหว่างวงจรทุติยภูมิ และวงจรปฐมภูมิ และ - มีเพียงฉนวนมูลฐาน ระหว่างวงจรทุติยภูมิ และดิน 4) ไม่จำเป็นต้องเป็นฉนวนมูลฐานเสมอไป (ดูข้อ 2.3.2) 5) ใช้ข้อกำหนดของข้อ 2.10 และให้ดูข้อ 6.2.1 ประกอบ 6) ไม่ใช้ข้อกำหนดของข้อ 2.10 แต่ให้ดูข้อ 6.2.1			
หมายเหตุ คำว่า “ส่วนนำไฟฟ้า” หมายถึง ส่วนที่นำไฟฟ้าซึ่ง - ตามปกติไม่ได้รับพลังงานไฟฟ้า และ - ไม่ต่อเข้ากับสิ่งต่อไปนี้ • วงจรที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตราย หรือ • วงจร ELV หรือ • วงจร TNV หรือ • วงจร SELV หรือ • วงจรจำกัดกระแส ตัวอย่างของส่วนนำไฟฟ้าดังกล่าว ได้แก่ ตัวบริภัณฑ์ แกนหม้อแปลง และ(ในบางกรณี) ที่กั้นนำไฟฟ้าในหม้อแปลง ถ้าส่วนนำไฟฟ้าดังกล่าวถูกป้องกันจากส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายด้วย - ฉนวนคู่หรือฉนวนเสริม เรียกว่า “ส่วนนำไฟฟ้าที่หุ้มฉนวนคู่” - ฉนวนมูลฐานร่วมกับการต่อลงดินป้องกัน เรียกว่า “ส่วนนำไฟฟ้าที่ต่อลงดิน” - ฉนวนมูลฐานแต่ไม่ต่อลงดิน (นั่นคือไม่มีการป้องกันระดับสอง) เรียกว่า “ส่วนนำไฟฟ้าที่หุ้มฉนวนมูลฐาน” วงจรหรือส่วนนำไฟฟ้าเรียกว่า “ต่อลงดิน” ถ้าต่อเข้ากับขั้วต่อหรือตัวสัมผัสลงดินป้องกันในลักษณะที่เป็นไปตามข้อกำหนดในข้อ 2.6 (แม้ว่าไม่จำเป็นต้องอยู่ที่ศักย์ของดิน) นอกนั้นจะเรียกว่า “ไม่ต่อลงดิน”			



รูปที่ 2ฉ ตัวอย่างของการใช้ฉนวน

2.10 ระยะห่างในอากาศ ระยะห่างตามผิวฉนวน และระยะห่างผ่านฉนวน

2.10.1 ทัวไป

ระยะห่างในอากาศต้องมีมิติเพียงพอที่แรงดันไฟฟ้าเกินชั่วคราวซึ่งอาจเข้ามาในบริเวณที่ และแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่กำเนิดในบริเวณที่ไม่ทะลุผ่านระยะห่างอากาศนั้น รายละเอียดของข้อกำหนดให้ไว้ในข้อ 2.10.3

ระยะห่างตามผิวฉนวนต้องมีมิติเพียงพอที่จะไม่ทำให้เกิดการวาบไฟตามผิวหรือเสียสภาพฉนวน (การเกิดรอย) ของฉนวน เมื่อใช้ที่แรงดันไฟฟ้าทำงานและระดับมลภาวะที่กำหนด รายละเอียดของข้อกำหนดให้ไว้ในข้อ 2.10.4

การแบ่งประเภทของวงจรในบริภัณฑ์ตามวงจร SELV วงจร TNV-1 วงจร TNV-2 หรือวงจร TNV-3 เพื่อหาข้อกำหนดของระยะห่างในอากาศและความทนทานไฟฟ้า ต้องพิจารณาแรงดันไฟฟ้าทำงานปกติและแรงดันไฟฟ้าเกินใด ๆ ที่มาจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับหรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรงด้วย

วิธีการวัดระยะห่างในอากาศและระยะห่างตามผิวฉนวน ให้ไว้ในภาคผนวก จ.

ฉนวนตันต้องเป็นดังต่อไปนี้

- มีมิติเพียงพอที่แรงดันไฟฟ้าเกินชั่วครู่ที่เข้ามาในบริภัณฑ์ และแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่กำหนดภายในบริภัณฑ์ไม่ทำให้ฉนวนตันเสียหาย และ
- ในการจัดเรียงชั้นฉนวนที่บาง ๆ ต้องไม่ให้การเรียงของรูพรุนของฉนวนอยู่ในแนวเดียวกัน

รายละเอียดของข้อกำหนดให้ไว้ในข้อ 2.10.5

ข้อกำหนดข้อ 2.10 ใช้สำหรับฉนวนซึ่งทำงานที่ความถี่ไม่เกิน 30 กิโลเฮิร์ตซ์ ยอมให้ใช้ข้อกำหนดเดียวกันนี้สำหรับฉนวนซึ่งทำงานที่ความถี่สูงกว่า 30 กิโลเฮิร์ตซ์ จนกว่าจะมีข้อมูลเพิ่มเติม

หมายเหตุ รายละเอียดเพิ่มเติมของฉนวนที่เกี่ยวข้องกับความถี่ให้ดูที่ IEC 60664-1 และ IEC 60664-4

สำหรับฉนวนตามหน้าที่ ยอมให้ระยะห่างตามผิวฉนวนและระยะห่างในอากาศน้อยกว่าค่าที่ระบุไว้ในข้อ 2.10 ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของข้อ ข) หรือข้อ ค) ในข้อ 5.3.4

ยอมให้ระยะห่างตามผิวฉนวนและระยะห่างในอากาศคั่นด้วยส่วนนำไฟฟ้าที่ไม่ต่อ (ลอย) เช่น หน้าสัมผัสที่ไม่ได้ใช้ของตัวต่อ หากผลรวมของระยะเป็นไปตามข้อกำหนดต่ำสุดที่ระบุไว้ (ดูรูปที่ จ.13) ค่าต่ำสุดของระยะห่างในอากาศและระยะห่างตามผิวฉนวนสำหรับระดับมลภาวะต่างๆ ให้ใช้ดังต่อไปนี้

- มลภาวะระดับ 1 ใช้กับส่วนประกอบและชุดประกอบซึ่งฉนวนกันฝุ่นและความชื้น (ดูข้อ 2.10.7)
- มลภาวะระดับ 2 โดยทั่วไปใช้กับบริภัณฑ์ที่ครอบคลุมโดยมาตรฐานนี้
- มลภาวะระดับ 3 ใช้กับบริภัณฑ์ที่สิ่งแวดล้อมภายในประจำที่ของบริภัณฑ์ต้องเผชิญกับมลภาวะนำไฟฟ้าหรือมลภาวะไม่นำไฟฟ้าในภาวะแห้งที่อาจกลายเป็นนำไฟฟ้าได้เนื่องจากการควบแน่นที่คาดไว้

2.10.2 การหาแรงดันไฟฟ้าทำงาน

ในการหาแรงดันไฟฟ้าทำงาน ให้ปฏิบัติตามข้อกำหนดทั้งหมดดังต่อไปนี้ (ดูข้อ 1.4.7)

- ค่าของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดหรือขีดจำกัดบนพิสัยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดต้องเป็นดังนี้
 - เพื่อใช้สำหรับแรงดันไฟฟ้าทำงานระหว่างวงจรปฐมภูมิและดิน และ
 - ให้คำนึงถึงค่าแรงดันไฟฟ้าทำงานระหว่างวงจรปฐมภูมิและวงจรทุติยภูมิ และ
- ส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึงที่ไม่ต่อลงดินต้องถือว่าได้ต่อลงดิน และ
- ที่ขั้วลวดของหม้อแปลงไฟฟ้าหรือส่วนอื่นที่ลอยอยู่ ที่ไม่ต่อกับวงจรซึ่งให้ศักย์ไฟฟ้าเมื่อเทียบกับดิน ต้องถือว่าถูกต่อลงดินที่จุดที่ได้รับแรงดันไฟฟ้าทำงานที่สูงที่สุด และ
- เมื่อใช้ฉนวนคู่ แรงดันไฟฟ้าทำงานที่คร่อมฉนวนมูลฐานกำหนดโดยสมมุติว่าได้ลัดวงจรข้ามฉนวนเพิ่มเติม และในทำนองเดียวกันแรงดันไฟฟ้าทำงานที่คร่อมฉนวนเพิ่มเติมกำหนดโดยสมมุติว่าได้

ลัดวงจรข้ามฉนวนมูลฐาน สำหรับฉนวนคู่ระหว่างขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้า การลัดวงจรสมมุติให้เกิดขึ้นที่จุดที่ทำให้แรงดันไฟฟ้าทำงานสูงสุดปรากฏที่ฉนวนอื่น และ

- ยกเว้นที่ยอมในข้อ 2.10.10 สำหรับการฉนวนระหว่างขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้า 2 ขด แรงดันไฟฟ้าสูงสุดระหว่าง 2 จุดใดๆ ในขดลวดทั้ง 2 โดยคำนึงถึงแรงดันไฟฟ้าภายนอกที่มาต่อกับขดลวด และ
- ยกเว้นที่ยอมในข้อ 2.10.10 สำหรับการฉนวนระหว่างขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและส่วนอื่นต้องใช้แรงดันไฟฟ้าสูงสุดระหว่างจุดใดๆ บนขดลวดกับส่วนอื่นๆ

2.10.3 ระยะห่างในอากาศ

2.10.3.1 ทั่วไป

ยอมให้ทั้งใช้วิธีดังต่อไปนี้หรือวิธีทางเลือกในภาคผนวก ข. สำหรับส่วนประกอบที่เฉพาะเจาะจงหรือชิ้นส่วนหรือบริษัท

หมายเหตุ 1. ประโยชน์ของภาคผนวก ข. มีดังนี้

- ระยะห่างในอากาศ จัดเรียงตามความปลอดภัยพื้นฐาน IEC 60664-1 ดังนั้นจะสอดคล้องกับมาตรฐานความปลอดภัยอื่นๆ (เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า)
- เพิ่มความยืดหยุ่นเพิ่มเติมสำหรับผู้ออกแบบ มีการปรับปรุงวิธีการหาค่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีในข้อ 2.10.3 ที่ขึ้นได้มาจากแถวใดแถวหนึ่งไปในแถวที่อยู่ถัดไปในตารางที่ 2x ตารางที่ 2ณ และตารางที่ 2ณ
- มีการพิจารณาการลดทอนแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวภายในบริษัท รวมถึงการลดทอนของแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวในวงจรปฐมภูมิ
- ปรับแก้ความไม่สอดคล้อง ในตารางที่ 2x (4 000 โวลต์ค่ายอด ต้องการ 2.0 มิลลิเมตร หรือ 2.5 มิลลิเมตร สำหรับฉนวนตามหน้าที่ และ 3.2 มิลลิเมตร สำหรับฉนวนมูลฐาน)

หมายเหตุ 2. สำหรับบริษัทที่รับพลังงานจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ ระยะห่างในอากาศและความทนทานไฟฟ้าที่กำหนดขึ้นอยู่กับการคาดคะเนแรงดันไฟฟ้าเกินชั่วคราว ซึ่งอาจเข้าสู่บริษัทได้จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ ตาม IEC 60664-1 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวเหล่านี้กำหนดโดยแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายในภาวะปกติและการจัดเตรียมแหล่งจ่ายไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าชั่วคราวเหล่านี้จำแนกตาม IEC 60664-1 ออกเป็น 4 กลุ่ม คือแรงดันไฟฟ้าเกิน I ถึง IV (หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการติดตั้งประเภท I ถึง IV) ภาคผนวก ข. ครอบคลุมแรงดันไฟฟ้าเกินทั้ง 4 ประเภท ในส่วนอื่นๆ ของมาตรฐานนี้ให้ถือว่าเป็นแรงดันไฟฟ้าเกินประเภท II

หมายเหตุ 3. การออกแบบฉนวนต้นและระยะห่างในอากาศควรทำควบคู่กันในลักษณะที่ถ้าเกิดแรงดันไฟฟ้าเกินชั่วคราวขึ้นเกินขีดจำกัดของแรงดันไฟฟ้าของเกินประเภท II ฉนวนต้นสามารถทนแรงดันไฟฟ้านั้นได้สูงกว่าระยะห่างในอากาศ

สำหรับระบบกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับในตารางที่ 2x ตารางที่ 2ณ และตารางที่ 2ณ เป็นแรงดันไฟฟ้าเฟสถึงสายกลาง

หมายเหตุ 4. ไม่มีข้อความ

สำหรับวงจรที่ต่ออยู่กับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรง ให้ใช้ข้อกำหนดสำหรับวงจร SELV วงจร TNV หรือวงจรทุติยภูมิที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายตามค่าแรงดันไฟฟ้าทำงานปกติสูงสุดและแรงดันไฟฟ้าเกินใดๆ ที่คาดว่าจะมี

ข้อกำหนดของระยะห่างในอากาศมีค่าต่ำสุดดังนี้

- ช่องว่างในอากาศ 10 มิลลิเมตร สำหรับใช้ในการเป็นฉนวนเสริม ระหว่างส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายกับส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึงของเปลือกหุ้มของบริภัณฑ์ชนิดตั้งพื้นหรือส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึงของพื้นผิวบนที่ไม่เป็นแนวตั้งของบริภัณฑ์ชนิดตั้งบนโต๊ะ
- ช่องว่างในอากาศ 2 มิลลิเมตร สำหรับใช้ในการเป็นฉนวนมูลฐาน ระหว่างส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายกับส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึงที่ต่อลงดินของเปลือกหุ้มภายนอกของบริภัณฑ์เสียได้ประเภท A

ไม่ใช่ข้อกำหนดระยะห่างในอากาศนี้กับช่องอากาศระหว่างหน้าสัมผัสของเทอร์มอสแตต คัทเอาต์ ความร้อน อุปกรณ์ป้องกันโหลดเกิน สวิตช์ที่มีการสร้างเป็นช่องว่างแคบ (microgap) และส่วนประกอบที่คล้ายคลึงที่ระยะห่างในอากาศเปลี่ยนแปลงตามหน้าสัมผัส

หมายเหตุ 5. สำหรับช่องในอากาศระหว่างหน้าสัมผัสของสวิตช์อินเตอร์ล็อก ให้ดูข้อ 2.8.7.1 สำหรับช่องในอากาศระหว่างหน้าสัมผัสของสวิตช์ปลดวงจร ให้ดูข้อ 3.4.2

การตรวจสอบการเป็นไปตามข้อ 2.10.3 ให้ปฏิบัติโดยการวัดโดยพิจารณาตามภาคผนวก จ. ไม่ต้องทดสอบความทนทานไฟฟ้าเพื่อพิสูจน์ระยะห่างในอากาศ ในการวัดให้ใช้เงื่อนไขต่อไปนี้ได้

- วางส่วนที่เคลื่อนที่ได้ในตำแหน่งที่ให้ผลเร็วที่สุด
- ทดสอบด้วยแรงตามข้อ 4.2.2 ข้อ 4.2.3 และข้อ 4.2.4
- เมื่อวัดระยะห่างในอากาศระหว่างเปลือกหุ้มที่เป็นวัสดุฉนวนผ่านช่องแคบยาว (slot) หรือช่องเปิดในเปลือกหุ้ม พื้นผิวที่นิ้วทดสอบตามรูปที่ 2ก (ดูข้อ 2.1.1.1) สามารถสัมผัสได้เมื่อใช้แรงไม่มากนัก (ดูรูปที่ จ.12 จุด B) ให้ถือว่านำไฟฟ้าได้เสมือนหุ้มด้วยโลหะเหลว

2.10.3.2 ระยะห่างในอากาศในวงจรปฐมภูมิ

ระยะห่างในอากาศในวงจรปฐมภูมิต้องเป็นไปตามมิติต่ำสุดในตารางที่ 2ข และในกรณีที่เหมาะสมตามตารางที่ 2ฉ

ตารางที่ 2ข นำมาใช้กับบริภัณฑ์ที่ไม่อยู่ภายใต้ภาวะแรงดันไฟฟ้าชั่วครู่สูงเกินแรงดันไฟฟ้าเกินประเภท II ตาม IEC 60664-1 แรงดันไฟฟ้าชั่วครู่ประธานที่เหมาะสมได้ให้ไว้ในแต่ละสดมภ์ ถ้าคาดว่าแรงดันไฟฟ้าชั่วครู่สูงกว่าที่ให้ไว้ อาจต้องเพิ่มการป้องกันที่จำเป็นในแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับให้บริภัณฑ์หรือในการติดตั้ง

หมายเหตุ 1. ภาคผนวก ข. ได้ให้วิธีการออกแบบทางเลือกสำหรับแรงดันไฟฟ้าชั่วครู่ที่สูงกว่า

สำหรับวงจรปฐมภูมิซึ่งทำงานด้วยแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับระบุไม่เกิน 300 โวลต์ ถ้าแรงดันไฟฟ้าทำงานค่ายอดในวงจรเกินค่ายอดของแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ ระยะห่างในอากาศต่ำสุดสำหรับการฉนวนที่พิจารณาคือผลรวมของค่า 2 ค่าต่อไปนี้

- ค่าระยะห่างในอากาศต่ำสุดจากตารางที่ 2ข สำหรับแรงดันไฟฟ้าทำงานเท่ากับแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ และ
- ค่าระยะห่างในอากาศเพิ่มเติมที่เหมาะสมจากตารางที่ 2ฉ

สำหรับแรงดันไฟฟ้าทำงานที่ใช้กำหนดระยะห่างในอากาศสำหรับวงจรปฐมภูมิที่สอดคล้องกับตารางที่ 2 ข

- ต้องนำค่ายอดสูงสุดของคลื่นซ้อนใด ๆ ที่อยู่บนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมารวมไว้ด้วย
- ไม่คำนึงถึงแรงดันไฟฟ้าชั่วครู่ที่ไม่เกิดซ้ำ (เช่น จากการรบกวนของบรรยากาศ)

หมายเหตุ 2. ให้ถือว่าแรงดันไฟฟ้าชั่วครู่ที่ไม่เกิดซ้ำใด ๆ ในวงจรทุติยภูมิไม่สูงเกินแรงดันไฟฟ้าชั่วครู่ประธานของวงจรปฐมภูมิ

- ต้องพิจารณาให้แรงดันไฟฟ้าของวงจร ELV วงจร SELV หรือวงจร TNV (รวมถึงแรงดันไฟฟ้าสัญญาณเรียก) มีค่าเป็นศูนย์

และที่สอดคล้องกับตารางที่ 2ฉ (ตามความเหมาะสม) ต้องใช้ค่าสูงสุดของแรงดันไฟฟ้าทำงานค่ายอดสำหรับแรงดันไฟฟ้าทำงานค่ายอดที่เกินค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ

หมายเหตุ 3. ระยะห่างในอากาศทั้งหมดที่ได้จากการใช้ตารางที่ 2ฉ อยู่ระหว่างค่าที่กำหนดสำหรับสนามเอกพันธ์ (homogeneous field) กับสนามไม่เป็นเอกพันธ์ (inhomogeneous field) ซึ่งมีผลให้ไม่สามารถรับประกันได้ว่าค่าเหล่านั้นเป็นไปตามการทดสอบความทนทานไฟฟ้าที่เหมาะสมในกรณีของสนามซึ่งมีความไม่เป็นเอกพันธ์เพียงพอ

หมายเหตุ 4. การใช้ระยะห่างในอากาศของตารางที่ 2ข และตารางที่ 2ฉ เลือกสดมภ์ที่เหมาะสมในตารางที่ 2ข สำหรับแรงดันไฟฟ้าชั่วครู่ประธานที่ระบุ และระดับมลภาวะ เลือกค่าแรงดันไฟฟ้าทำงานที่เท่ากับแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับจะได้ค่าระยะห่างในอากาศต่ำสุดที่กำหนดตามตารางที่ 2ฉ เลือกสดมภ์ที่เหมาะสมสำหรับแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับที่ระบุและระดับมลภาวะ และเลือกค่าแรงดันที่คลุมถึงแรงดันไฟฟ้าทำงานค่ายอดจริงอ่านค่าระยะห่างในอากาศเพิ่มเติมที่กำหนดจากหนึ่งในสองตามประเภทของฉนวน และนำไปรวมกับระยะห่างในอากาศต่ำสุดจากตารางที่ 2ข จะได้ค่าต่ำสุดของระยะห่างในอากาศทั้งหมด

**ตารางที่ 2 ข ระยะห่างในอากาศต่ำสุดสำหรับฉนวนในวงจรปฐมภูมิ
และระหว่างวงจรปฐมภูมิกับวงจรทุติยภูมิ**
(ข้อ 2.10.3.1 ข้อ 2.10.3.2 ข้อ 2.10.3.3 ข้อ 2.10.3.4 และข้อ 2.10.6.1)

ระยะห่างในอากาศเป็นมิลลิเมตร

แรงดันไฟฟ้าทำงาน ไม่เกิน		แรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธาน 1 500 V (แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธาน กระแสสลับที่ระบุไม่เกิน 150 V)						แรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธาน 2 500 V (แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธาน กระแสสลับที่ระบุเกิน 150 V แต่ไม่เกิน 300 V)						แรงดันไฟฟ้าชั่วคราว ประธาน 4 000 V (แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่าย ไฟฟ้าประธานกระแส สลับที่ระบุเกิน 300 V แต่ไม่เกิน 600 V)		
แรงดันไฟฟ้า ค่ายอดหรือ d.c. V	แรงดันไฟฟ้า r.m.s. (ไขว้ขอยด์) V	มลภาวะ ระดับ 1 และระดับ 2			มลภาวะ ระดับ 3			มลภาวะ ระดับ 1 และระดับ 2			มลภาวะ ระดับ 3			มลภาวะ ระดับ 1 ระดับ2 และระดับ 3		
		F	B/S	R	F	B/S	R	F	B/S	R	F	B/S	R	F	B/S	R
71	50	0.4	1.0 (0.5)	2.0 (1.0)	0.8	1.3 (0.8)	2.6 (1.6)	1.0	2.0 (1.5)	4.0 (3.0)	1.3	2.0 (1.5)	4.0 (3.0)	2.0	3.2 (3.0)	6.4 (6.0)
210	150	0.5	1.0 (0.5)	2.0 (1.0)	0.8	1.3 (0.8)	2.6 (1.6)	1.4	2.0 (1.5)	4.0 (3.0)	1.5	2.0 (1.5)	4.0 (3.0)	2.0	3.2 (3.0)	6.4 (6.0)
420	300	F 1.5 B/S 2.0 (1.5) R 4.0 (3.0)												2.5	3.2 (3.0)	6.4 (6.0)
840	600	F 3.0 B/S 3.2 (3.0) R 6.4 (6.0)														
1 400	1 000	F/B/S 4.2 R 6.4														
2 800	2 000	F/B/S/R 8.4														
7 000	5 000	F/B/S/R 17.5														
9 800	7 000	F/B/S/R 25														
14 000	10 000	F/B/S/R 37														
28 000	20 000	F/B/S/R 80														
42 000	30 000	F/B/S/R 130														
1) ค่าในตารางใช้กับฉนวนตามหน้าที่ (F) ฉนวนมูลฐาน (B) ฉนวนเพิ่มเติม (S) และฉนวนเสริม (R)																
2) ค่าในวงเล็บใช้กับฉนวนมูลฐาน ฉนวนเพิ่มเติม หรือฉนวนเสริม เฉพาะในกรณีที่ผู้ทำการดำเนินการควบคุมคุณภาพซึ่งมีระดับการรับประกันอย่างน้อยในระดับเดียวกันตามตัวอย่างที่ให้ไว้ในภาคผนวก ด.2 โดยเฉพาะอย่างยิ่งฉนวนคู่และฉนวนเสริมต้องทดสอบประจำในรายการความทนทานไฟฟ้า																
3) สำหรับแรงดันไฟฟ้าทำงานระหว่าง 2 800 V ถึง 42 000 V ค่ายอดหรือกระแสตรง ยอมให้ใช้การประมาณค่าในช่วงระหว่างค่าที่ใกล้กันที่สุด 2 ค่า โดยระยะห่างที่คำนวณได้ให้ปัดขึ้นเป็นลำดับที่สูงกว่า ครั้งละ 0.1 mm (เช่น ที่แรงดันไฟฟ้าทำงาน 5 400 V ค่ายอด ระยะห่างที่คำนวณได้คือ 14.03 mm ให้ปัดขึ้นเป็น 14.1 mm)																

ตารางที่ 2ณ ระยะห่างในอากาศเพิ่มเติมสำหรับฉนวนในวงจรปฐมภูมิที่มี
แรงดันไฟฟ้าทำงานค่ายอดเกินค่ายอดของแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับที่ระบุ
(ข้อ 2.10.3.1 ข้อ 2.10.3.2 ข้อ 2.10.3.3 และข้อ 2.10.6.1)

แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ ที่ระบุไม่เกิน 150 V		แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายไฟฟ้า ประธานกระแสสลับที่ระบุ เกิน 150 V แต่ไม่เกิน 300 V	ระยะห่างในอากาศเพิ่มเติม mm	
มลภาวะระดับ 1 และระดับ 2	มลภาวะระดับ 3	มลภาวะระดับ 1 ระดับ 2 และระดับ 3	ฉนวนตามหน้าที่ ฉนวนมูลฐาน หรือฉนวนเพิ่มเติม	ฉนวนเสริม
แรงดันไฟฟ้าทำงาน ค่ายอดสูงสุด V	แรงดันไฟฟ้าทำงาน ค่ายอดสูงสุด V	แรงดันไฟฟ้าทำงาน ค่ายอดสูงสุด V		
210 (210)	210 (210)	420 (420)	0	0
298 (288)	294 (293)	493 (497)	0.1	0.2
386 (366)	379 (376)	567 (575)	0.2	0.4
474 (444)	463 (459)	640 (652)	0.3	0.6
562 (522)	547 (541)	713 (729)	0.4	0.8
650 (600)	632 (624)	787 (807)	0.5	1.0
738 (678)	715 (707)	860 (884)	0.6	1.2
826 (756)	800 (790)	933 (961)	0.7	1.4
914 (839)		1 006 (1 039)	0.8	1.6
1 002 (912)		1 080 (1 116)	0.9	1.8
1 090 (990)		1 153 (1 193)	1.0	2.0
		1 226 (1 271)	1.1	2.2
		1 300 (1 348)	1.2	2.4
		- (1 425)	1.3	2.6
นำค่าแรงดันไฟฟ้าในวงเล็บมาใช้เมื่อ - ค่าระยะห่างในอากาศในวงเล็บในตารางที่ 2ช นำมาใช้ตามข้อ 2) ของตารางที่ 2ช และ - สำหรับฉนวนตามหน้าที่				

2.10.3.3 ระยะห่างในอากาศในวงจรทุติยภูมิ

ระยะห่างในอากาศในวงจรทุติยภูมิต้องเป็นไปตามมิติต่ำสุดของตารางที่ 2ณ

สำหรับแรงดันไฟฟ้าทำงานที่ใช้กำหนด ระยะห่างในอากาศสำหรับวงจรทุติยภูมิที่สอดคล้องกับ
ตารางที่ 2ณ

- ต้องนำค่ายอดสูงสุดของคลื่นซ้อนใด ๆ ที่อยู่บนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง มารวมไว้ด้วย
- ต้องใช้ค่ายอดสำหรับแรงดันไฟฟ้าที่ไม่เป็นไซน์ซอซด์

วงจรทุติยภูมิของแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับปกติเป็นแรงดันไฟฟ้าเกินประเภท I ถ้า
วงจรปฐมภูมิเป็นแรงดันไฟฟ้าเกินประเภท II แรงดันไฟฟ้าชั่วครู่สูงสุดสำหรับแรงดันไฟฟ้า
แหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับต่างๆ ในแรงดันไฟฟ้าเกินประเภท I แสดงไว้ในหัวข้อมติของ
ตารางที่ 2ณ อย่างไรก็ตาม วงจรทุติยภูมิที่ลอยต้องเป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับวงจรปฐมภูมิใน
ตารางที่ 2ช และตารางที่ 2ณ นอกจากนี้คว่ำอยู่ในบริเวณที่มีขั้วต่อลงดินป้องกัน และ

- แยกจากวงจรปฐมภูมิโดยที่กั้นโลหะที่ต่อลงดิน หรือแยกจากวงจรปฐมภูมิโดยที่กั้นโลหะที่ต่อลงดิน หรือ
- แรงดันไฟฟ้าชั่วคราวบนวงจรทุติยภูมิต่ำกว่าค่าสูงสุดที่ยอมให้สำหรับแรงดันไฟฟ้าเกินประเภท I (ตัวอย่างเช่น เนื่องจากการลดทอนโดยการต่อส่วนประกอบ เช่นระหว่างตัวเก็บประจุระหว่างวงจรทุติยภูมิกับดิน) ดูข้อ 2.10.3.4 สำหรับวิธีการวัดระดับแรงดันไฟฟ้าชั่วคราว

จุดประสงค์ของการใช้ตารางที่ 2 นี้ สำหรับบริษัทที่รับพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรงที่มีการต่อลงดินป้องกันและแหล่งจ่ายนี้ต้องติดตั้งภายในอาคารเดียวกันนั้น แรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธานให้พิจารณาเป็นศูนย์

หมายเหตุ 1. การต่อลงดินป้องกันสามารถทำได้ที่แหล่งจ่ายของแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรง หรือที่ติดตั้งของบริษัท หรือทั้งสองที่ (ดู ITU-T Recommendation K.27)

สำหรับบริษัทที่รับพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรงที่ไม่ได้มีการต่อลงดินป้องกัน ค่าของแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธานในแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรงเท่ากับแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธานในวงจรปฐมภูมิที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้

หมายเหตุ 2. สำหรับระยะห่างในอากาศซึ่งมีไว้เพื่อให้เป็นไปตามข้อ 2.3.2 สามารถใช้ตารางที่ 2 นี้ ได้ ถ้าไม่ทราบแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวในโครงข่ายโทรคมนาคม ให้สมมติพิกัดแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวเป็น 800 โวลต์ค่ายอด สำหรับวงจร TNV-2 และ 1.5 กิโลโวลต์ค่ายอด สำหรับวงจร TNV-1 และวงจร TNV-3

ถ้าทราบแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวในโครงข่ายโทรคมนาคม ให้ใช้ค่าที่ทราบนั้น

ถ้าทราบว่าแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวที่กำลังเกิดขึ้นจะถูกทำให้ลดลงภายในบริษัท ให้นำค่าที่หาได้ตามวิธีที่กำหนดในข้อ 2.10.3.4 b) มาใช้

ไม่นำผลกระทบของแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวจากระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิลมาพิจารณาในการกำหนดระยะห่างในอากาศนี้ (ดูข้อ 7.3.1)

ตารางที่ 2ญ ระยะห่างในอากาศต่ำสุดในวงจรทุติยภูมิ
(ข้อ 2.10.3.1 ข้อ 2.10.3.3 และข้อ 2.10.6.1)

ระยะห่างในอากาศเป็นมิลลิเมตร

แรงดันไฟฟ้าทำงาน ไม่เกิน		พิกัดแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวสำหรับวงจร ทุติยภูมิ 800 V ⁵⁾ (แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายไฟฟ้า ประธานกระแสสลับที่ระบุ ไม่เกิน 150 V)						พิกัดแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวสำหรับวงจร ทุติยภูมิ 1 500 V ⁵⁾ (แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายไฟฟ้า ประธานกระแสสลับที่ระบุ เกิน 150 V แต่ไม่เกิน 300 V)						พิกัดแรงดันไฟฟ้าชั่วคราว สำหรับวงจรทุติยภูมิ 2 500 V ⁵⁾ (แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่าย ไฟฟ้าประธานกระแสสลับ ที่ระบุเกิน 300 V แต่ ไม่เกิน 600 V)						วงจรที่ไม่ต้องรับ แรงดันไฟฟ้าเกิน ชั่วคราว ⁴⁾		
แรงดันไฟฟ้า ค่ายอด หรือ d.c. V	แรงดันไฟฟ้า r.m.s. (ไขว้ขอยต์) V	มลภาวะ ระดับ 1 และ ระดับ 2			มลภาวะ ระดับ 3			มลภาวะ ระดับ 1 และ ระดับ 2			มลภาวะ ระดับ 3			มลภาวะ ระดับ 1 ระดับ 2 และระดับ 3			มลภาวะ ระดับ 1 และ ระดับ 2 เท่านั้น					
		F	B/S	R	F	B/S	R	F	B/S	R	F	B/S	R	F	B/S	R	F	B/S	R			
71	50	0.4 (0.2)	0.7 (0.2)	1.4 (0.4)	1.0 (0.8)	1.3 (0.8)	2.6 (1.6)	0.7 (0.5)	1.0 (0.5)	2.0 (1.0)	1.0 (0.8)	1.3 (0.8)	2.6 (1.6)	1.7 (1.5)	2.0 (1.5)	4.0 (3.0)	0.4 (0.2)	0.4 (0.2)	0.8 (0.4)			
140	100	0.6 (0.2)	0.7 (0.2)	1.4 (0.4)	1.0 (0.8)	1.3 (0.8)	2.6 (1.6)	0.7 (0.5)	1.0 (0.5)	2.0 (1.0)	1.0 (0.8)	1.3 (0.8)	2.6 (1.6)	1.7 (1.5)	2.0 (1.5)	4.0 (3.0)	0.6 (0.2)	0.7 (0.2)	1.4 (0.4)			
210	150	0.6 (0.2)	0.9 (0.2)	1.8 (0.4)	1.0 (0.8)	1.3 (0.8)	2.6 (1.6)	0.7 (0.5)	1.0 (0.5)	2.0 (1.0)	1.0 (0.8)	1.3 (0.8)	2.6 (1.6)	1.7 (1.5)	2.0 (1.5)	4.0 (3.0)	0.6 (0.2)	0.7 (0.2)	1.4 (0.4)			
280	200	F 1.1(0.8) B/S 1.4(0.8) R 2.8(1.6)												1.7 (1.5)	2.0 (1.5)	4.0 (3.0)	1.1 (0.2)	1.1 (0.2)	2.2 (0.4)			
420	300	F 1.6(0.1) B/S 1.9(1.0) R 3.8(2.0)												1.7 (1.5)	2.0 (1.5)	4.0 (3.0)	1.4 (0.2)	1.4 (0.2)	2.8 (0.4)			
700	500	F/B/S 2.5 R 5.0																				
840	600	F/S/B 3.2 R 5.0																				
1 400	1 000	F/S/B 4.2 R 5.0																				
2 800	2 000	F/B/S/R 8.4 ⁶⁾																				
7 000	5 000	F/S/B/R 17.5 ⁶⁾																				
9 800	7 000	F/S/B/R 25 ⁶⁾																				
14 000	10 000	F/B/S/R 37 ⁶⁾																				
28 000	20 000	F/S/B/R 80 ⁶⁾																				
42 000	30 000	F/S/B/R 130 ⁶⁾																				

- 1) ค่าในตารางใช้กับจำนวนตามหน้าที่ (F) จำนวนมูลฐาน (B) จำนวนเพิ่มเติม (S) และจำนวนเสริม (R)
- 2) ค่าในวงเล็บใช้กับจำนวนมูลฐาน จำนวนเพิ่มเติม หรือจำนวนเสริม เฉพาะในกรณีที่มีผู้ทำการดำเนินการควบคุมคุณภาพซึ่งมีระดับการรับประกันอย่างน้อยในระดับเดียวกันตามตัวอย่างที่ให้ไว้ในภาคผนวก ด.2 โดยเฉพาะอย่างยิ่งจำนวนคู่และจำนวนเสริมต้องทดสอบประจำในรายการความทนทานไฟฟ้า
- 3) สำหรับแรงดันไฟฟ้าทำงานระหว่าง 2 800 V ถึง 42 000 V ค่ายอดหรือกระแสตรง ยอมให้ใช้การประมาณค่าในช่วงระหว่างค่าที่ใกล้กันที่สุด 2 ค่า โดยระยะห่างที่คำนวณได้ให้ปัดขึ้นเป็นลำดับที่สูงกว่า ครั้งละ 0.1 mm (เช่น ที่แรงดันไฟฟ้าทำงาน 5 400 V ค่ายอดระยะห่างที่คำนวณได้คือ 14.03 mm ให้ปัดขึ้นเป็น 14.1 mm)
- 4) ค่าเหล่านี้ใช้ได้กับวงจรวงจรทุติยภูมิกระแสตรงซึ่งต่อเข้ากับสายดินอย่างเชื่อถือได้และมีการกรองโดยใช้ตัวเก็บประจุ (capacitive filtering) ซึ่งจำกัดค่าความถี่รบกวนถึงยอดไว้ไม่เกินร้อยละ 10 ของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง
- 5) ถ้าค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวในบริบทนี้เกินค่านี้ ต้องใช้ค่าระยะห่างในอากาศที่มากกว่าที่กำหนดตามความเหมาะสม
- 6) สำหรับแรงดันไฟฟ้าทำงานที่เกิน 1 400 V ค่ายอดหรือกระแสตรง หรือเกิน 1 000 V ค่ารากกำลังสองเฉลี่ย ระยะห่างในอากาศต่ำสุดต้องเป็น 5 mm โดยคิดจากเส้นทางผ่านระยะห่างในอากาศ ดังนี้
 - ในอากาศทั้งหมด หรือ
 - เป็นเส้นทางผ่านของวัสดุฉนวน ของวัสดุกลุ่ม I ทั้งหมดหรือบางส่วน
 - และการฉนวนได้เป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบความทนทานไฟฟ้า ข้อ 5.2.2 โดยใช้
 - แรงดันไฟฟ้าทดสอบกระแสสลับ ซึ่งค่ารากกำลังสองเฉลี่ย เท่ากับ 1.06 เท่าของแรงดันไฟฟ้าทำงานค่ายอด หรือ
 - แรงดันไฟฟ้าทดสอบกระแสตรง เท่ากับค่ายอดของแรงดันไฟฟ้าทดสอบกระแสสลับที่กล่าวไว้ข้างต้น

ถ้าเส้นทางผ่านระยะห่างในอากาศมีบางส่วนที่ผ่านพื้นผิวของวัสดุที่ไม่เป็นวัสดุในกลุ่ม I ให้ทดสอบความทนทานไฟฟ้าเฉพาะส่วนที่เป็นช่องว่างในอากาศเท่านั้น

2.10.3.4 การวัดระดับแรงดันไฟฟ้าชั่วคราว

การทดสอบต่อไปนี้ดำเนินการเพียงเพื่อต้องการหาแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวข้ามระยะห่างในอากาศในวงจรใดๆ ที่ต่ำกว่าปกติ (เช่น ผลจากตัวกรองในบริษัท) ใช้วิธีการทดสอบต่อไปนี้ในการวัดแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวข้ามระยะห่างในอากาศ และค่าระยะห่างในอากาศขึ้นกับค่าที่วัดได้ระหว่างการทดสอบ ต่อบริษัทกับหน่วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่แยกต่างหาก (ถ้ามี) แต่ไม่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธาน หรือโครงข่ายโทรคมนาคมใดๆ และตัวระบุเสร็จในวงจรปฐมภูมิต้องแยกออก

ต่อเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวข้ามระยะห่างในอากาศตามที่กล่าวข้างต้น

ก) แรงดันไฟฟ้าชั่วคราวที่เกิดจากแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธานของแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ

ในการวัดระดับที่ลดทอนลงของแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวข้ามระยะห่างในอากาศที่เกิดจากแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธานของแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ ใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณทดสอบชนิดอิมพัลส์อ้างอิงระดับ 2 ตามตารางที่ ท.1 สร้างอิมพัลส์ 1.2/50 ไมโครวินาที U_c มีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธานที่กำหนดไว้ที่หัวสดมภ์ของตารางที่ 2 ข

หมายเหตุ สำหรับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรง ให้ดูภาคผนวก ข.2.2 และ ข.5

ป้อนอิมพัลส์ 3 ถึง 6 ครั้ง โดยให้อิมพัลส์มีการสลับสภาพมีชั่วแต่ละครั้งและเว้นช่วงเวลาระหว่างอิมพัลส์อย่างน้อย 1 วินาที เข้าระหว่างแต่ละจุดที่เกี่ยวข้องต่อไปนี้

- สายถึงสาย
- ตัวนำเฟสทั้งหมดต่อรวมกัน กับสายกลาง
- ตัวนำเฟสทั้งหมดต่อรวมกัน กับดินป้องกัน
- สายกลางกับดินป้องกัน

ข) แรงดันไฟฟ้าชั่วคราวที่เกิดจากแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวในโครงข่ายโทรคมนาคม

ในการวัดระดับที่ลดทอนลงของแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวข้ามระยะห่างในอากาศที่เกิดจากแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวในโครงข่ายโทรคมนาคม ใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณทดสอบชนิดอิมพัลส์อ้างอิงระดับ 1 ตามตารางที่ ท.1 สร้างอิมพัลส์ 10/700 ไมโครวินาที U_c มีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวในโครงข่ายโทรคมนาคม

กรณีที่ไมทราบแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวในโครงข่ายโทรคมนาคมบนโครงข่ายโทรคมนาคมที่ต้องการทดสอบ ให้ใช้ค่าต่อไปนี้แทน

- แรงดันไฟฟ้า 1 500 โวลต์ค่ายอด ถ้าวงจรต่อกับโครงข่ายโทรคมนาคม เป็นวงจร TNV-1 หรือวงจร TNV-3 และ
- แรงดันไฟฟ้า 800 โวลต์ค่ายอด ถ้าวงจรต่อกับโครงข่ายโทรคมนาคม เป็นวงจร SELV หรือวงจร TNV-2

ป้อนอิมพัลส์ 3 ถึง 6 ครั้ง โดยให้อิมพัลส์มีการสลับสภาพมีชั่วแต่ละครั้งและเว้นช่วงเวลาระหว่างอิมพัลส์อย่างน้อย 1 วินาที เข้าระหว่างแต่ละจุดของจุดต่อโครงข่ายโทรคมนาคมต่อไปนี้

- แต่ละคู่ของขั้วต่อ เช่น A กับ B หรือทีปกับริง (tip and ring) ในอินเตอร์เฟส
- ขั้วต่อชนิดอินเตอร์เฟสเดียวกันทั้งหมดต่อร่วมกัน กับดิน

2.10.4 ระยะห่างตามผิวฉนวน

ระยะห่างตามผิวฉนวนต้องไม่น้อยกว่าค่าต่ำสุดที่เหมาะสมที่ระบุไว้ในตารางที่ 2 ญ โดยคำนึงถึงค่าแรงดันไฟฟ้าทำงาน ระดับมลภาวะ และกลุ่มวัสดุ

สำหรับฉนวนเสริม ค่าของระยะห่างตามผิวฉนวนเป็น 2 เท่าของค่าของฉนวนมาตรฐานในตารางที่ 2 ญ ถ้าระยะห่างตามผิวฉนวนต่ำสุดที่ได้มาจากตารางที่ 2 ญ น้อยกว่าระยะห่างในอากาศต่ำสุดที่ใช้ได้ ต้องใช้ค่าสำหรับระยะห่างในอากาศต่ำสุดนั้นเป็นค่าระยะห่างตามผิวฉนวนต่ำสุด

ยอมให้ใช้ระยะห่างตามผิวฉนวนต่ำสุดเท่ากับระยะห่างในอากาศที่ใช้ได้สำหรับ แก้ว ไมกา เซรามิกส์ หรือวัสดุที่คล้ายกัน

สำหรับแรงดันไฟฟ้าทำงานที่ใช้กำหนดระยะห่างตามผิวฉนวน

- ต้องใช้ค่าที่แท้จริงของค่ารกกาลังสองเฉลี่ย หรือกระแสตรง
- ถ้าใช้ค่ากระแสตรง ไม่ต้องคำนึงถึงการซ้อนคลื่นใดๆ
- ไม่ต้องคำนึงถึงสภาวะช่วงสั้นๆ (เช่น ในสัญญาณเรียกเป็นจังหวะในวงจร TNV)
- ไม่ต้องคำนึงถึงการรบกวนสั้นๆ (เช่น แรงดันไฟฟ้าชั่วครู่)

ขณะที่กำหนดแรงดันไฟฟ้าทำงานสำหรับวงจร TNV ที่ต่อกับโครงข่ายโทรคมนาคมซึ่งไม่ทราบลักษณะเฉพาะแรงดันไฟฟ้าทำงานปกติ สมมติให้มีค่าดังต่อไปนี้

- 60 โวลต์กระแสตรง สำหรับวงจร TNV-1
- 120 โวลต์กระแสตรง สำหรับวงจร TNV-2 และวงจร TNV-3

กลุ่มวัสดุจำแนกดังนี้

กลุ่มวัสดุ I	$600 < \text{CTI}$ (comparative tracking index, CTI ดัชนีการเกิดรอยเปรียบเทียบ)
กลุ่มวัสดุ II	$400 < \text{CTI} < 600$
กลุ่มวัสดุ IIIa	$175 < \text{CTI} < 400$
กลุ่มวัสดุ IIIb	$100 < \text{CTI} < 175$

ทวนสอบกลุ่มวัสดุโดยการประเมินข้อมูลทดสอบสำหรับวัสดุตาม IEC 60112 โดยใช้สารละลายชนิด A 50 หยด

ในกรณีที่ไมทราบกลุ่มวัสดุ ให้สมมติว่าเป็นกลุ่มวัสดุ IIIb

ถ้าต้องการค่า CTI เท่ากับหรือสูงกว่า 175 และไม่ทราบข้อมูล สามารถกำหนดกลุ่มวัสดุขึ้นได้ด้วยการทดสอบดัชนีการเกิดรอยพิสูจน์ (proof tracking index, PTI) ตามรายละเอียดใน IEC 60112 อาจรวมวัสดุเข้ากลุ่มถ้า PTI ที่กำหนดขึ้นจากการทดสอบเท่ากันหรือสูงกว่าค่าต่ำสุดของ CTI ที่ระบุไว้ในกลุ่มนั้นๆ

ตารางที่ 2ก ระยะห่างตามผิวฉนวนต่ำสุด
(ข้อ 2.10.4 และข้อ 2.10.5.4)

ระยะห่างตามผิวฉนวนหน่วยเป็นมิลลิเมตร

แรงดันไฟฟ้าทำงาน V r.m.s หรือ d.c.	ฉนวนตามหน้าที่ ฉนวนมูลฐาน และฉนวนเพิ่มเติม						
	มลภาวะระดับ 1		มลภาวะระดับ 2			มลภาวะระดับ 3	
	กลุ่มวัสดุ		กลุ่มวัสดุ			กลุ่มวัสดุ	
	I II IIIa หรือ IIIb	I	II	IIIa หรือ IIIb	I	II	IIIa หรือ IIIb
≤ 50	1)	0.6	0.9	1.2	1.5	1.7	1.9
100		0.7	1.0	1.4	1.8	2.0	2.2
125		0.8	1.1	1.5	1.9	2.1	2.4
150		0.8	1.1	1.6	2.0	2.2	2.5
200		1.0	1.4	2.0	2.5	2.8	3.2
250		1.3	1.8	2.5	3.2	3.6	4.0
300		1.6	2.2	3.2	4.0	4.5	5.0
400		2.0	2.8	4.0	5.0	5.6	6.3
600		3.2	4.5	6.3	8.0	9.6	10.0
800	4.0	5.6	8.0	10.0	11.0	12.5	
1000		5.0	7.1	10.0	12.5	14.0	16.0

1) ระยะห่างตามผิวฉนวนต่ำสุดไม่ระบุไว้สำหรับฉนวนในมลภาวะระดับ 1 อย่างไรก็ตามระยะห่างในอากาศต่ำสุดยังต้องเป็นไปตามที่กำหนดไว้ในข้อ 2.10.3 หรือภาคผนวก ข.

2) ยอมให้ใช้การประมาณค่าในช่วงระหว่างค่าที่ใกล้กันที่สุด 2 ค่า โดยระยะห่างที่คำนวณได้ให้ปัดขึ้นเป็นลำดับที่สูงกว่า ครั้งละ 0.1 mm

การตรวจสอบให้ทำโดยการวัด โดยพิจารณาตามภาคผนวก จ.

ให้นำสภาวะต่อไปนี้มาใช้

ชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ได้ต้องอยู่ในตำแหน่งที่ให้ผลเลวที่สุด

สำหรับบริเวณที่ใช้สายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดไม่ได้แบบธรรมดา การวัดระยะห่างตามผิวฉนวนทำขณะที่ตัวนำป้อนกำลังไฟฟ้ามีพื้นที่หน้าตัดใหญ่สุดตามที่กำหนดไว้ในข้อ 3.3.4 และขณะที่ปราศจากตัวนำไฟฟ้าด้วย

เมื่อวัดระยะห่างตามผิวฉนวนระหว่างเปลือกหุ้มที่เป็นวัสดุฉนวนผ่านช่องแคบยาว หรือช่องเปิดในเปลือกหุ้ม พื้นผิวที่นิวทดสอบตามรูปที่ 2ก (ดูข้อ 2.1.1.1) สามารถสัมผัสได้เมื่อใช้แรงไม่มากนัก (ดูรูปที่ จ.12 จุด B) ให้ถือว่านำไฟฟ้าได้เสมือนหุ้มด้วยโลหะเปลว

2.10.5 ฉนวนตัน

ให้ทดสอบความเพียงพอของฉนวนตันโดยการทดสอบความทนทานไฟฟ้า ตามข้อ 5.2

หมายเหตุ 1. คำว่า “ฉนวนตัน” หมายถึงวัสดุที่เตรียมไว้เพื่อการฉนวนไฟฟ้าระหว่าง 2 พื้นผิวที่ตรงข้ามกัน ไม่ใช่การฉนวนตามพื้นผิวภายนอก สมบัติของฉนวนตันที่กำหนดระบุได้โดยระยะห่างผ่านฉนวนต่ำสุดจริง (ดูข้อ 2.10.5.1) หรือโดยใช้ข้อกำหนดและการทดสอบอื่นในมาตรฐานนี้แทนการใช้ระยะห่างต่ำสุด

หมายเหตุ 2. ดูข้อ 3.1.4 ด้วย

2.10.5.1 ระยะห่างผ่านฉนวนต่ำสุด

ยกเว้นในกรณีที่ใช้อ้างอิง 2.1.1.3 หรือข้อย่ออื่นของข้อ 2.10.5 ระยะห่างผ่านฉนวนต้องกำหนดมิติตามแรงดันไฟฟ้าทำงานค่ายอดและตามการนำฉนวนมาใช้ (ดูข้อ 2.9) และดังต่อไปนี้

- ถ้าแรงดันไฟฟ้าทำงานค่ายอดไม่เกิน 71 โวลต์ ไม่มีข้อกำหนดสำหรับระยะห่างผ่านฉนวน
- ถ้าแรงดันไฟฟ้าทำงานค่ายอดเกิน 71 โวลต์ ให้ปฏิบัติดังต่อไปนี้
 - สำหรับฉนวนตามหน้าที่หรือฉนวนมูลฐาน ไม่มีข้อกำหนดที่แรงดันไฟฟ้าทำงานค่ายอดใดๆ สำหรับระยะห่างผ่านฉนวน
 - ฉนวนเพิ่มเติมหรือฉนวนเสริม ต้องมีระยะห่างผ่านฉนวนต่ำสุดเป็น 0.4 มิลลิเมตร

ข้อกำหนดข้อ 2.10.5.1 ให้ใช้กับเจลไดอิเล็กตริก (gel dielectric) ด้วย เช่น ที่ใช้ในตัวคู่ต่อทางแสง (optocoupler)

ไม่มีข้อกำหนดของระยะห่างผ่านฉนวนสำหรับฉนวนเพิ่มเติมหรือฉนวนเสริมที่ประกอบขึ้นด้วยสารประกอบฉนวนที่เติมช่องว่างในเปลือกหุ้มชิ้นส่วนสารกึ่งตัวนำอย่างสมบูรณ์ (เช่น ตัวคู่ต่อทางแสง) จนกระทั่งระยะห่างในอากาศและระยะห่างตามผิวฉนวนไม่ได้ ถ้าชิ้นส่วนเป็นดังนี้

- เป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบและตรวจสอบตามเงื่อนไขข้อ 2.10.8 และ
- เป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบการทดสอบประจำสำหรับความทนทานไฟฟ้าในระหว่างการทำโดยใช้ค่าแรงดันไฟฟ้าทดสอบที่เหมาะสมในข้อ 5.2.2

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ การวัด และการทดสอบ

2.10.5.2 วัสดุแผ่นบาง

หมายเหตุ ข้อกำหนดสำหรับส่วนประกอบที่มีการพัน ให้ไว้ในข้อ 2.10.5.4

ยอมให้ใช้วัสดุฉนวนที่เป็นวัสดุแผ่นบางได้โดยไม่คำนึงถึงความหนา เพื่อใช้ภายในเปลือกหุ้มของบริภัณฑ์ และต้องไม่มีการเคลื่อนย้ายหรือการชำรุดในระหว่างการซ่อมบำรุงและใช้เงื่อนไขใดเงื่อนไขหนึ่งต่อไปนี้

- ฉนวนเพิ่มเติมที่ประกอบด้วยวัสดุ 2 ชั้นเป็นอย่างน้อย แต่ละชั้นต้องเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบความทนทานไฟฟ้าสำหรับฉนวนเพิ่มเติม หรือ
- ฉนวนเพิ่มเติมที่ประกอบด้วยวัสดุ 3 ชั้น ซึ่งคู่ของชั้นฉนวนใดๆ ต้องเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบความทนทานไฟฟ้าสำหรับฉนวนเพิ่มเติม หรือ
- ฉนวนเสริมที่ประกอบด้วยวัสดุ 2 ชั้นเป็นอย่างน้อย แต่ละชั้นต้องเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบความทนทานไฟฟ้าสำหรับฉนวนเสริม หรือ
- ฉนวนเสริมที่ประกอบด้วยวัสดุฉนวน 3 ชั้น ซึ่งคู่ของชั้นฉนวนใดๆ ต้องเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบความทนทานไฟฟ้าสำหรับฉนวนเสริม

ไม่มีข้อกำหนดว่าฉนวนทุกชั้นต้องเป็นวัสดุชนิดเดียวกัน

การเคลือบด้วยอีพอกซีในตัวทำลายไม่ถือว่าเป็นฉนวนในรูปวัสดุแผ่นบาง

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการทดสอบความทนทานไฟฟ้า

2.10.5.3 แผ่นวงจรพิมพ์

สำหรับชั้นภายในของแผ่นวงจรพิมพ์หลายชั้น ระยะห่างระหว่างตัวนำ 2 แนวที่ชิดกันในชั้นเดียวกันของแผ่นวงจรพิมพ์ถือเสมือนเป็นระยะห่างผ่านฉนวน (ดูข้อ 2.10.5.1)

ฉนวนเพิ่มเติมหรือฉนวนเสริมระหว่างชั้นตัวนำในแผ่นวงจรพิมพ์สองหน้าชั้นเดียว และแผ่นวงจรพิมพ์หลายชั้น และในแผ่นวงจรพิมพ์แกนโลหะ (metal core printed board) ต้องมีความหนาต่ำสุด 0.4 มิลลิเมตร หรือเป็นไปตามข้อกำหนดตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ฉนวนในแผ่นวงจรพิมพ์
(ข้อ 2.10.5.3)

ฉนวน	การทดสอบเฉพาะแบบ ¹⁾	การทดสอบประจำสำหรับความทนทานไฟฟ้า ³⁾
วัสดุฉนวนแผ่นบาง 2 ชั้น รวมถึงวัสดุฉนวนอัดประกบ ²⁾	ไม่ทดสอบ	ทดสอบ
วัสดุฉนวนแผ่นบาง 3 ชั้น หรือมากกว่า รวมถึงวัสดุฉนวนอัดประกบ ²⁾	ไม่ทดสอบ	ไม่ทดสอบ
การเคลือบด้วยเซรามิกส์ที่เผาที่อุณหภูมิ ≥ 500 องศาเซลเซียส	ไม่ทดสอบ	ทดสอบ
ระบบฉนวน ที่มีการเคลือบ 2 ครั้ง หรือมากกว่า และเผาที่อุณหภูมิ < 500 องศาเซลเซียส	ทดสอบ	ทดสอบ
¹⁾ การบ่มความร้อนและวัฏจักรความร้อนตามข้อ 2.10.6 แล้วตามด้วยการทดสอบความทนทานไฟฟ้าตามข้อ 5.2.2 ²⁾ น้ำชั้นของการอัดประกบก่อนเผา ³⁾ การทดสอบความทนทานไฟฟ้าให้ทำกับแผ่นวงจรพิมพ์ที่สำเร็จแล้ว หมายเหตุ การอัดประกบ เป็นคำที่ใช้สำหรับชั้นผ้าใยแก้วที่อัดด้วยเรซินอบบางส่วน		

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด และโดยการทดสอบความทนทานไฟฟ้า ในกรณีที่ต้องทดสอบประจำ แรงดันไฟฟ้าทดสอบเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ทดสอบที่เกี่ยวข้องตามข้อ 5.2.2 การทดสอบความทนทานไฟฟ้าใช้ได้กับฉนวนเพิ่มเติมหรือฉนวนเสริมทั้งหมด

2.10.5.4 ชั้นส่วนที่มีการพัน

เมื่อต้องการฉนวนมูลฐาน ฉนวนเพิ่มเติม หรือฉนวนเสริมระหว่างชั้นของลวดที่พัน ต้องแยกโดยฉนวนแทรก (interleaved insulation) ที่เป็นไปตามข้อ 2.10.5.1 หรือ 2.10.5.2 หรือทั้งสองข้อ เว้นแต่จะใช้การสร้างการพันลวดตามข้อ ก) หรือ ข) หรือ ค)

- ก) ลวดที่มีการฉนวน เป็นไปตามข้อ 2.10.5.1 (ยกเว้นที่เคลือบด้วยอีพอกซีในตัวทำละลาย)
- ข) ลวดที่มีการหุ้มฉนวนหลายชั้นหรือพันห่อด้วยฉนวนเป็นเกลียว (ชั้นของฉนวนสามารถทดสอบความทนทานไฟฟ้าได้โดยอิสระ) เป็นไปตามข้อ 2.10.5.2 และเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบตามภาคผนวก ท.
- ค) ลวดที่มีการหุ้มฉนวนหลายชั้นหรือพันห่อด้วยฉนวนเป็นเกลียว (เมื่อทดสอบกับลวดสำเร็จรูปได้เท่านั้น) และเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบตามภาคผนวก ท.

หมายเหตุ 1. ดูข้อ 6.2.1 ด้วย

ในข้อ 2.10.5.4 ค) จำนวนต่ำสุดของชั้นทางการสร้างที่ใช้กับตัวนำต้องเป็นดังนี้

- ฉนวนมูลฐาน : พันห่อไว้ 2 ชั้น หรือ หุ้มไว้ 1 ชั้น
- ฉนวนเพิ่มเติม : พันห่อ หรือ หุ้มไว้ 2 ชั้น
- ฉนวนเสริม : พันห่อ หรือ หุ้มไว้ 3 ชั้น

ในข้อ 2.10.5.4 ข) และข้อ 2.10.5.4 ค) สำหรับฉนวนพันห่อเป็นเกลียวที่ระยะห่างตามผิวฉนวนระหว่างชั้นที่พันห่อไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2ฎ สำหรับมลภาวะระดับ 1 ทางเดินระหว่างชั้นต้องฉนวนในส่วนรอยต่อตามข้อ 2.10.8 และแรงดันทดสอบของการทดสอบเฉพาะแบบในข้อ U.2 ต้องเพิ่มขึ้นเป็น 1.6 เท่าของค่าปกติ

หมายเหตุ 2. ชั้นวัสดุที่พันทับเกยกันมากกว่าร้อยละ 50 พิจารณาได้ว่าประกอบขึ้นเป็น 2 ชั้น

ในกรณีที่ลวดหุ้มฉนวน 2 เส้น หรือลวดเปลือย 1 เส้นและลวดหุ้มฉนวน 1 เส้น สัมผัสกันภายในส่วนประกอบที่มีการพันลวดไขว้ทับกันทำมุมระหว่าง 45 องศา ถึง 90 องศา และต้องรับแรงดึงระหว่างพัน ต้องเตรียมการป้องกันความเค้นทางกลที่เกิดขึ้น การป้องกันสามารถทำได้ เช่น โดยการแยกทางฟิสิกส์ อยู่ในรูปของปลอกฉนวนหรือแผ่นฉนวน หรือโดยใช้จำนวนชั้นของฉนวนเป็น 2 เท่าของชั้นที่ต้องการ

ส่วนประกอบที่พันเสร็จต้องเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบประจำสำหรับความทนทานไฟฟ้าโดยใช้แรงดันไฟฟ้าทดสอบที่เหมาะสมตามข้อ 5.2.2

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด และในกรณีที่เกี่ยวข้องตามที่ระบุไว้ในภาคผนวก ท. อย่างไรก็ตาม ไม่ต้องทดสอบตามภาคผนวก ท. ถ้าถ้ามีข้อมูลของวัสดุยืนยันว่าเป็นไปตามข้อกำหนด

2.10.6 แผ่นวงจรพิมพ์เคลือบวัสดุ

2.10.6.1 ทั่วไป

สำหรับแผ่นวงจรพิมพ์ที่ผิวหน้าตัวนำเคลือบด้วยวัสดุเคลือบที่เหมาะสม ใช้ระยะห่างต่ำสุดตามตารางที่ 2ท กับตัวนำก่อนการเคลือบ ภายใต้ข้อกำหนดต่อไปนี้

ส่วนนำไฟฟ้าส่วนหนึ่งหรือทั้งสองส่วนและระยะบนพื้นผิวระหว่างส่วนนำไฟฟ้าอย่างน้อยร้อยละ 80 ต้องได้รับการเคลือบ ระหว่างส่วนนำไฟฟ้า 2 ส่วนใดๆ ที่ไม่ได้รับการเคลือบและบนด้านนอกของผิวเคลือบให้ใช้ระยะห่างต่ำสุดในตารางที่ 2ข ตารางที่ 2ฉ หรือตารางที่ 2ญ

ค่าในตารางที่ 2ท ใช้เฉพาะในกรณีที่ผู้ทำการควบคุมคุณภาพซึ่งมีระดับการรับประกันอย่างน้อยในระดับเดียวกันตามตัวอย่างที่ให้ไว้ในภาคผนวก ด.1 โดยเฉพาะอย่างยิ่งฉนวนคู่และฉนวนเสริมต้องทดสอบประจำในรายการความทนทานไฟฟ้า

ค่าโดยปกติของภาวะข้างต้น ใช้ข้อกำหนดตามข้อ 2.10.1 ข้อ 2.10.2 ข้อ 2.10.3 หรือภาคผนวก ข. และข้อ 2.10.4

กระบวนการเคลือบ วัสดุเคลือบ และวัสดุฐาน (base material) ต้องประกันความสม่ำเสมอของคุณภาพ และระยะห่างที่พิจารณาต้องได้รับการป้องกันอย่างมีประสิทธิภาพ

การตรวจสอบให้ทำโดยการวัดโดยคำนึงถึงรูปที่ ฉ.11 และโดยการทดสอบต่อไปนี้

2.10.6.2 การเตรียมตัวอย่างและการตรวจสอบเบื้องต้น

ใช้แผ่นตัวอย่าง 3 แผ่น (หรือสำหรับข้อ 2.10.9 ต้องการส่วนประกอบ 2 ส่วนและแผ่นตัวอย่าง 1 แผ่น) โดยระบุเป็นตัวอย่างที่ 1 ตัวอย่างที่ 2 และตัวอย่างที่ 3 ยอมให้ใช้แผ่นจริงหรือตัวอย่างที่ผลิตขึ้นเฉพาะโดยมีการเคลือบและมีระยะห่างต่ำสุดเหมือนจริง ตัวอย่างแต่ละแผ่นต้องมีการเคลือบและใช้ระยะห่างต่ำสุดเหมือนจริง แต่ละตัวอย่างต้องผ่านกระบวนการทำทุกขั้นตอนอย่างสมบูรณ์ รวมทั้งการบัดกรีและการทำความสะอาด ซึ่งปกติต้องกระทำในระหว่างการประกอบบริษัท เมื่อตรวจพินิจ แผ่นวงจรพิมพ์ต้องไม่ปรากฏรอยของรูพรุนหรือฟองอากาศในผิวเคลือบ หรือมีการเคลือบเส้นตัวนำไม่สมบูรณ์

ตารางที่ 2ท ระยะห่างต่ำสุดสำหรับแผ่นวงจรพิมพ์เคลือบ

(ข้อ 2.10.6.1 และข้อ 2.10.9)

แรงดันไฟฟ้าทำงาน V r.m.s. หรือ d.c.	ฉนวนตามหน้าที่ ฉนวนมาตรฐาน หรือฉนวนเพิ่มเติม mm	ฉนวนเสริม mm
≤ 63	0.1	0.2
> 63 และ ≤ 125	0.2	0.4
> 125 และ ≤ 160	0.3	0.6
> 160 และ ≤ 200	0.4	0.8
> 200 และ ≤ 250	0.6	1.2
> 250 และ ≤ 320	0.8	1.6
> 320 และ ≤ 400	1.0	2.0
> 400 และ ≤ 500	1.3	2.6
> 500 และ ≤ 630	1.8	3.6
> 630 และ ≤ 800	2.4	3.8
> 800 และ ≤ 1 000	2.8	4.0
> 1 000 และ ≤ 1 250	3.4	4.2
> 1 250 และ ≤ 1 600	4.1	4.6
> 1 600 และ ≤ 2 000	5.0	5.0
> 2 000 และ ≤ 2 500	6.3	6.3
> 2 500 และ ≤ 3 200	8.2	8.2
> 3 200 และ ≤ 4 000	10	10
> 4 000 และ ≤ 5 000	13	13
> 5 000 และ ≤ 6 300	16	16
> 6 350 และ ≤ 8 000	20	20
> 8 000 และ ≤ 10 000	26	26
> 10 000 และ ≤ 12 500	33	33
> 12 500 และ ≤ 16 000	43	43
> 16 000 และ ≤ 20 000	55	55
> 20 000 และ ≤ 25 000	70	70
> 25 000 และ ≤ 30 000	86	86
สำหรับแรงดันไฟฟ้าระหว่าง 2 000 v ถึง 30 000 v ยอมให้ใช้การประมาณค่าในช่วงระหว่างค่าที่ใกล้เคียงที่สุด 2 ค่า โดยระยะห่างที่คำนวณได้ให้ปัดขึ้นเป็นลำดับที่สูงกว่า ครั้งละ 0.1 mm		

2.10.6.3 วัฏจักรความร้อน

นำตัวอย่างที่ 1 ไปทดสอบกับวัฏจักรอุณหภูมิ 10 รอบ ตามลำดับต่อไปนี้

68 ชั่วโมง ที่ T_1 องศาเซลเซียส ± 2 องศาเซลเซียส

1 ชั่วโมง ที่ 25 องศาเซลเซียส ± 2 องศาเซลเซียส

2 ชั่วโมง ที่ 0 องศาเซลเซียส ± 2 องศาเซลเซียส

ไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง ที่ 25 องศาเซลเซียส ± 2 องศาเซลเซียส

$T_1 = T_2 + T_{ma} - T_{amb} + 10$ เคลวิน การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 1.4.5 (และในกรณีเกี่ยวข้องกับข้อ 1.4.13) หรือ T_1 เท่ากับ 100 องศาเซลเซียส แล้วแต่ค่าใดสูงกว่า อย่างไรก็ตามค่าเผื่อ 10 เคลวิน

ไม่นำมาบวก ถ้าใช้การวัดอุณหภูมิโดยเทอร์มอคัปเปิลแบบฝัง (embedded thermocouple)

T_2 คืออุณหภูมิของชิ้นส่วนที่วัดระหว่างการทดสอบตามข้อ 4.5.1

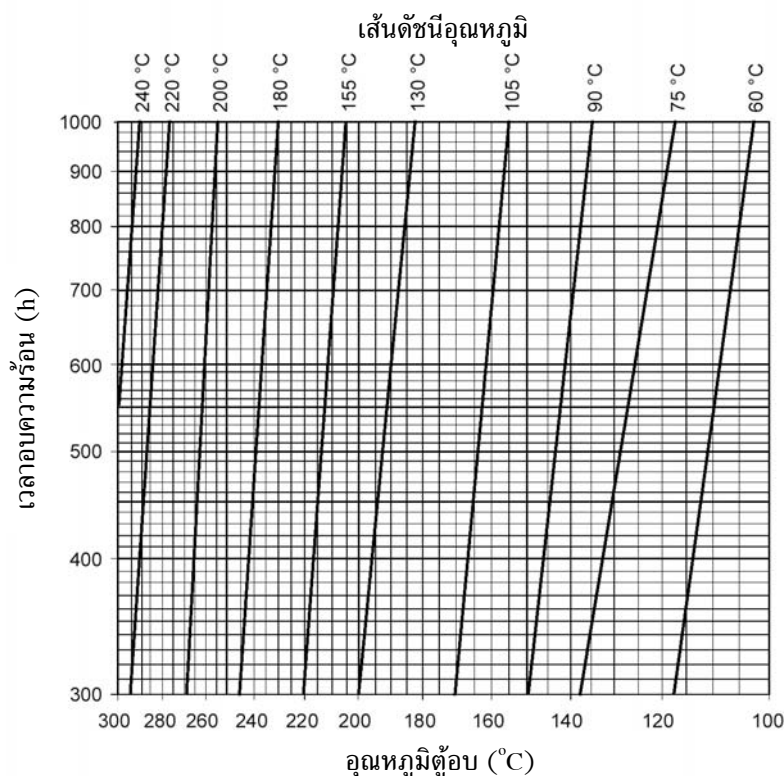
ความหมายของ T_{ma} และ T_{amb} ให้ไว้ในข้อ 1.4.12.1

คาบเวลาที่ใช้สำหรับการเปลี่ยนจากอุณหภูมิหนึ่งไปยังอีกอุณหภูมิหนึ่งไม่ได้รับไว้ ยอมให้ค่อยๆ เปลี่ยนได้

2.10.6.4 การอบความร้อน

อบตัวอย่างที่ 2 ในตู้อบที่แห้ง ที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่เลือกจากกราฟในรูปที่ 2x โดยใช้เส้นดัชนีอุณหภูมิที่สมนัยกับอุณหภูมิทำงานสูงสุดของแผ่นวงจรพิมพ์เคลือบ ต้องรักษาอุณหภูมิของตู้อบตามกำหนดที่ ± 2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ใช้กำหนดเส้นดัชนีอุณหภูมิเป็นค่าอุณหภูมิสูงสุดบนแผ่นวงจรพิมพ์ ในกรณีเกี่ยวเนื่องกับความปลอดภัย

กรณีที่ใช้รูปที่ 2x ยอมให้ประมาณค่าระหว่างเส้นดัชนีอุณหภูมิที่ใกล้ที่สุด 2 เส้น



รูปที่ 2x เวลาการอบความร้อน

2.10.6.5 การทดสอบความทนทานไฟฟ้า

ตัวอย่างที่ 1 และ 2 ต้องนำมาผ่านภาวะชื้นต่อตามข้อ 2.9.2 (48 ชั่วโมง) และต้องทนการทดสอบความทนทานไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องของข้อ 5.2.2 ระหว่างตัวนำได้

2.10.6.6 การทดสอบความต้านทานการขีดถู

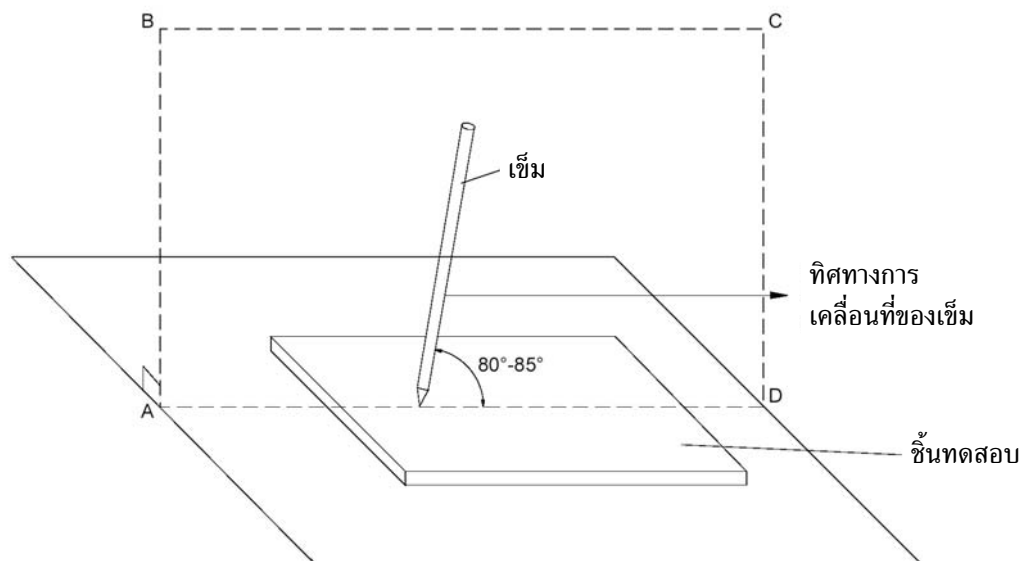
ตัวอย่างแผ่นที่ 3 ต้องทดสอบต่อไปนี้

ชุดขีดข่วนส่วนนำไฟฟ้า 5 คู่ และระยะห่างที่จุดซึ่งระยะห่างที่อยู่ระหว่างนั้นเผชิญกับความชื้นศักย์สูงสุดในระหว่างการทดสอบ

รอยชุดขีดทำโดยใช้เข็มโลหะที่มีปลายเป็นรูปกรวยที่มีมุม 40 องศา ปลายมนและขัดมัน มีรัศมีความโค้ง $0.25 \text{ มิลลิเมตร} \pm 0.02 \text{ มิลลิเมตร}$

การชุดขีดทำโดยลากเข็มไปตามพื้นผิวในระนาบตั้งฉากกับขอบตัวนำด้วยความเร็ว 20 มิลลิเมตรต่อวินาที ± 5 มิลลิเมตรต่อวินาที ดังแสดงในรูปที่ 2 ข กดเข็มด้วยแรงตามแนวแกน 10 นิวตัน ± 0.5 นิวตัน แต่ละรอยห่างกันไม่น้อยกว่า 5 มิลลิเมตร และห่างจากขอบตัวอย่างไม่น้อยกว่า 5 มิลลิเมตร

ภายหลังการทดสอบนี้ ชั้นที่เคลือบต้องไม่หลุดหรือล่อน และต้องทนการทดสอบความทนทานไฟฟ้าตามข้อ 5.2.2 ระหว่างตัวนำได้ ในกรณีของแผ่นวงจรพิมพ์แกนโลหะวัสดุฐานถือเป็นตัวนำตัวหนึ่ง



หมายเหตุ เข็มอยู่ในระนาบ ABCD ซึ่งตั้งฉากกับชั้นทดสอบ

รูปที่ 2 ข การทดสอบความต้านทานการขีดถูสำหรับชั้นเคลือบ

2.10.7 ส่วนปิดหุ้มและผนึก

ส่วนประกอบหรือชุดประกอบย่อยที่ปิดหุ้มโดยซองหรือผนึกแน่นเพื่อป้องกันสิ่งสกปรกหรือ ความชื้น เข้า ให้ใช้ค่าสำหรับมลภาวะระดับ 1 สำหรับระยะห่างในอากาศและระยะห่างตามผิวฉนวนภายใน

หมายเหตุ ตัวอย่างบางตัวอย่างของการสร้างให้รวมถึงชิ้นส่วนต่างๆ ในกล่องที่ผนึกแน่นโดยสารยึดติดหรืออย่างอื่น และชิ้นส่วนอื่นที่หุ้มโดยการจุ่มเคลือบ

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจจากภายนอก การวัด และถ้าจำเป็นให้ปฏิบัติโดยการทดสอบให้ถือว่าส่วนประกอบหรือชุดประกอบย่อยถูกปิดหุ้มอย่างเพียงพอถ้าตัวอย่างเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบต่อไปนี้

ทดสอบตัวอย่างกับวัฏจักรอุณหภูมิ 10 รอบ ตามลำดับต่อไปนี้

68 ชั่วโมง ที่ T_1 องศาเซลเซียส ± 2 องศาเซลเซียส

1 ชั่วโมง ที่ 25 องศาเซลเซียส ± 2 องศาเซลเซียส

2 ชั่วโมง ที่ 0 องศาเซลเซียส ± 2 องศาเซลเซียส

ไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง ที่ 25 องศาเซลเซียส ± 2 องศาเซลเซียส

$T_1 = T_2 + T_{am} - T_{amb} + 10$ เคลวิน การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 1.4.5 (และในกรณีเกี่ยวข้องกับข้อ 1.4.13) หรือ T_1 เท่ากับ 85 องศาเซลเซียส แล้วแต่ค่าใดสูงกว่า อย่างไรก็ตามค่าเพื่อ 10 เคลวิน ไม่นำมาบวก ถ้าวัดอุณหภูมิโดยเทอร์มอคัปเปิลแบบฝัง หรือทดสอบโดยใช้วิธีความต้านทาน

T_2 คืออุณหภูมิของชิ้นส่วนที่วัดระหว่างการทดสอบตามข้อ 4.5.1

ความหมายของ T_{am} และ T_{amb} ให้ไว้ในข้อ 1.4.12.1

คาบเวลาที่ใช้สำหรับการเปลี่ยนจากอุณหภูมิหนึ่งไปยังอีกอุณหภูมิหนึ่งไม่ได้รับระบุไว้ ยอมให้ค่อยๆ เปลี่ยนได้

ยอมให้ปล่อยตัวอย่างให้เย็นลงสู่อุณหภูมิห้องและให้ผ่านภาวะชื้นตามข้อ 2.9.2 ตามด้วยการทดสอบความทนทานไฟฟ้าตามข้อ 5.2.2 ทันที

สำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า ตัวคู่ต่อแม่เหล็ก และอุปกรณ์ที่คล้ายคลึง ซึ่งความปลอดภัยขึ้นอยู่กับฉนวนให้ป้องกันแรงดันไฟฟ้า 500 โวลต์ค่ารากกำลังสองเฉลี่ย ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ ถึง 60 เฮิร์ตซ์ ระหว่างขดลวดขณะผ่านวัฏจักรความร้อน ต้องไม่เกิดการเสียดสีสภาพฉนวนของฉนวนในระหว่างการทดสอบนี้

2.10.8 ช่องว่างที่บรรจุด้วยสารประกอบฉนวน

กรณีที่ช่องว่างระหว่างส่วนนำไฟฟ้าบรรจุด้วยสารประกอบฉนวน รวมทั้งกรณีที่ฉนวนต่อเชื่อมเข้าด้วยกันด้วยสารประกอบฉนวนอย่างเชื่อถือได้ในลักษณะที่ไม่สามารถระบุระยะห่างในอากาศและระยะห่างตามผิวฉนวนได้ ให้เฉพาะข้อกำหนดสำหรับระยะห่างผ่านฉนวนของข้อ 2.10.5.1

หมายเหตุ ตัวอย่างของการบรรจุด้วยสารประกอบฉนวนเรียกกันชื่อต่างๆ เช่น พอตติง (potting) การห่อหุ้ม (encapsulation) และการอาบฉนวนในภาวะสุญญากาศ (vacuum impregnation)

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ การวัด และการทดสอบ ไม่ต้องวัดระยะห่างในอากาศและระยะห่างตามผิวฉนวน ถ้าตัวอย่างเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบวัฏจักรความร้อน ภาวะชื้น และความทนทานไฟฟ้าตามที่ระบุในข้อ 2.10.7 แล้วปฏิบัติดังต่อไปนี้

- ชิ้นส่วนที่ใช้สารประกอบฉนวนที่ขึ้นรูปเป็นฉนวนตันระหว่างส่วนนำไฟฟ้า ทดสอบกับชิ้นส่วนสำเร็จรูปจำนวน 1 ชิ้น ภายหลังการทดสอบให้ตรวจสอบ รวมทั้งการตัดเพื่อดูภาคตัด และการวัด ต้องไม่มีรอยแตกหรือฟองอากาศในสารประกอบฉนวนในลักษณะที่มีผลกระทบต่อการเป็นไปตามข้อ 2.10.5.1
- ชิ้นส่วนที่ใช้สารประกอบฉนวนที่ขึ้นรูปเป็นตัวเชื่อมระหว่างฉนวนอื่นๆ ตรวจสอบความเชื่อถือได้ของจุดต่อเชื่อมโดยใช้ตัวอย่าง 3 ตัวอย่าง ทดสอบความทนทานไฟฟ้าที่ป้อนโดยตรงให้แก่รอย

ต่อเชื่อม ถ้าชิ้นส่วนใช้ขดลวดเคลือบด้วยอีแนเมลในตัวทำลาย ในการทดสอบต้องแทนขดลวดด้วยโลหะเปลวหรือลวดเปลือยที่พันไว้ 2-3 รอบติดกับจุดต่อเชื่อม จากนั้นนำตัวอย่างทั้ง 3 ไปทดสอบดังต่อไปนี้

- นำหนึ่งตัวอย่างไปทดสอบความทนทานไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องตามข้อ 5.2.2 ทันที หลังจากคาบสุดท้ายที่อุณหภูมิสูงสุดในระหว่างวัฏจักรอุณหภูมิ เว้นแต่แรงดันไฟฟ้าทดสอบให้คุณด้วย 1.6
- นำตัวอย่างอีก 2 ตัวอย่างไปทดสอบความทนทานไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องตามข้อ 5.2.2 หลังจากผ่านภาวะขึ้น เว้นแต่แรงดันไฟฟ้าทดสอบให้คุณด้วย 1.6

2.10.9 ขั้วต่อภายนอกของชิ้นส่วน

ใช้ข้อกำหนดข้อ 2.10.1 ข้อ 2.10.2 ข้อ 2.10.3 หรือภาคผนวก ข. และข้อ 2.10.4 กับระยะห่างระหว่างขั้วต่อภายนอกของชิ้นส่วน ยกเว้นเมื่อขั้วปลายเหล่านั้นมีสิ่งเคลือบเป็นวัสดุที่เป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 2.10.6 รวมทั้งข้อกำหนดด้านการควบคุมคุณภาพซึ่งให้ตัวอย่างไว้ในภาคผนวก ด.1 ในกรณีดังกล่าวใช้ระยะแยกต่ำสุดในตารางที่ 2ท (ดู 2.10.6.1) กับชิ้นส่วนก่อนการเคลือบ ระยะห่างระหว่างส่วนนำไฟฟ้าที่ไม่เคลือบ 2 ส่วนใดๆ และบนด้านนอกของสิ่งเคลือบ ต้องใช้ระยะห่างในอากาศต่ำสุดตามข้อ 2.10.3 หรือภาคผนวก ข. และระยะห่างตามผิวฉนวนต่ำสุดตามข้อ 2.10.4

ในกรณีที่ใช้สิ่งเคลือบบนขั้วต่อเพื่อเพิ่มระยะห่างตามผิวฉนวนและระยะห่างในอากาศยังผล การจัดเตรียมทางกลและความแข็งแรงของขั้วต่อต้องเพียงพอที่จะมั่นใจได้ว่าในระหว่างการยกย้ายปกติ การประกอบลงในบริภัณฑ์ และการใช้งานต่อมาขั้วต่อไม่เสียรูปซึ่งอาจทำให้สิ่งเคลือบกระเทาะหรือลดระยะห่างระหว่างส่วนนำไฟฟ้าลงต่ำกว่าค่าในตารางที่ 2ท (ดูข้อ 2.10.6.1)

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ โดยพิจารณาตามรูปที่ ฉ.10 และทดสอบตามข้อ 2.10.6.2 ข้อ 2.10.6.3 ข้อ 2.10.6.4 และข้อ 2.10.6.5 ตามลำดับ ทดสอบนี้กับชุดที่ประกอบสมบูรณ์รวมทั้งชิ้นส่วน

ทดสอบความต้านทานการขัดถูตามข้อ 2.10.6.6 โดยใช้ตัวอย่างแผ่นวงจรพิมพ์ที่เตรียมเป็นพิเศษตามที่อธิบายไว้สำหรับตัวอย่างที่ 3 ในข้อ 2.10.6.2 เว้นแต่ระยะห่างระหว่างส่วนนำไฟฟ้าต้องเป็นตัวแทนของระยะห่างต่ำสุดและความชันค้ำยกสูงสุดที่ใช้ในชุดประกอบ

2.10.10 ฉนวนที่มีมิติแปรผันได้

ในกรณีที่ฉนวนของหม้อแปลงมีแรงดันไฟฟ้าทำงานต่างๆ กันไปตามความยาวของขดลวด ยอมให้แปรผันระยะห่างในอากาศ ระยะห่างตามผิวฉนวน และระยะห่างผ่านฉนวน ตามควรแก่กรณี

หมายเหตุ ตัวอย่างของโครงสร้างดังกล่าวคือ ขดลวด 30 กิโลโวลต์ ประกอบด้วยล้อพันลวด (bobbins) หลายล้อต่ออนุกรมกัน และต่อลงดินที่ปลายหนึ่ง

3. การเดินสาย การต่อ และแหล่งจ่าย

3.1 ทัวไป

3.1.1 พิกัดกระแสไฟฟ้าและการป้องกันกระแสเกิน

พื้นที่หน้าตัดของสายภายในและเคเบิลต่อระหว่างหน่วยต้องเพียงพอสำหรับกระแสที่จะนำเมื่อบริษัททำงานภายใต้โหลดปกติ ในลักษณะที่อุณหภูมิที่เกิดขึ้นต้องไม่เกินค่าสูงสุดที่ยอมให้ของฉนวนตัวนำ

สายภายในทั้งหมด (รวมทั้งบัสบาร์) และเคเบิลต่อระหว่างหน่วยที่ใช้ในการจ่ายกำลังไฟฟ้าจากวงจรปฐมภูมิต้องได้รับการป้องกันกระแสเกินและการลัดวงจรด้วยอุปกรณ์ป้องกันที่มีพิกัดเหมาะสม สายที่ไม่เกี่ยวเนื่องโดยตรงในเส้นทางจ่ายไม่จำเป็นต้องป้องกันถ้าสามารถแสดงให้เห็นว่าการเกิดอันตรายเป็นไปได้ได้น้อยมาก เช่น วงจรชี้บอก (indicating circuit)

หมายเหตุ 1. อุปกรณ์สำหรับการป้องกันโหลดเกินของชิ้นส่วนอาจให้การป้องกันสายที่เกี่ยวข้องด้วย

หมายเหตุ 2. วงจรภายในที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับหรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรงอาจต้องการการป้องกันของตัวเอง ขึ้นอยู่กับขนาดสายที่ลดลงและความยาวของตัวนำ

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และถ้าเหมาะสมโดยการทดสอบตามข้อ 4.5.1

3.1.2 การป้องกันความเสียหายทางกล

รางเดินสายต้องเรียบและปราศจากขอบคม สายต้องได้รับการป้องกันในลักษณะที่ไม่สัมผัสกับรอยขรุขระ คลีประบายความร้อน ส่วนเคลื่อนที่ ฯลฯ ซึ่งอาจก่อให้เกิดการเสียหายขึ้นกับฉนวนของตัวนำ รูในโลหะที่สายร้อยผ่าน ต้องมีผิวเรียบมน หรือต้องใช้ปลอกฉนวนนำสาย (bushing)

ยอมให้สายสัมผัสกับจุดพันสาย (wire wrapping post) หรือที่คล้ายกันได้หากการเสียดสีสภาพฉนวนของฉนวนจะไม่ก่อให้เกิดอันตราย หรือหากมีการป้องกันทางกลอย่างเพียงพอโดยใช้ระบบฉนวน การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.1.3 การติดตั้งสายภายใน

สายภายในต้องวางเส้นทาง รองรับ จับยึด หรือติดตั้ง ในลักษณะที่ป้องกัน

- ความเครียดเกินขนาดบนสายและบนสิ่งต่อปลายสาย
- การหลุดหลวมของสิ่งต่อปลายสาย
- การชำรุดของฉนวนตัวนำ

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.1.4 ฉนวนของตัวนำ

นอกจากที่ครอบคลุมในข้อ 2.1.1.3 ข) ฉนวนของตัวนำแต่ละตัวของสายภายในต้องเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 2.10.5 และต้องสามารถทนการทดสอบความทนทานไฟฟ้าที่ระบุในข้อ 5.2.2

กรณีที่ใช้สายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าซึ่งมีสมบัติของฉนวนเป็นไปตามข้อกำหนดของสายในข้อ 3.2.5 ในบริษัท โดยเป็นส่วนหนึ่งของสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าจากภายนอกหรือเป็นเคเบิลอิสระ เปลือกของสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้านี้ถือเป็นฉนวนเพิ่มเติมที่เพียงพอสำหรับจุดประสงค์ของข้อ 3.1.4

หมายเหตุ ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับสีของฉนวน อยู่ในข้อ 2.6.3.4

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและประเมินผลของข้อมูลจากการทดสอบว่าฉนวนสามารถทนแรงดันไฟฟ้าทดสอบที่เกี่ยวข้องได้

ถ้าข้อมูลจากการทดสอบที่ได้ยังหาไม่ได้ไม่พร้อม ให้ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบความทนทานไฟฟ้าที่ใช้ตัวอย่างยาว 1 เมตร และใช้แรงดันไฟฟ้าทดสอบที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

- สำหรับฉนวนของตัวนำ : โดยวิธีทดสอบแรงดันไฟฟ้าที่ให้ไว้ใน IEC 60885-1 ข้อ 3 โดยใช้แรงดันไฟฟ้าทดสอบที่เกี่ยวข้องในข้อ 5.2.2 ของมาตรฐานนี้ สำหรับชั้นคุณภาพของฉนวนที่พิจารณาและ
- สำหรับฉนวนเพิ่มเติม เช่น ปลอกกรอบๆ กลุ่มตัวนำ : ระหว่างตัวนำเพียงเส้นเดียวที่สอดอยู่ในปลอกกับโลหะเปลือกที่พันแน่นรอบปลอกยาวอย่างน้อย 100 มิลลิเมตร

3.1.5 ลูกบิดและฉนวนเซรามิกส์

ลูกบิดและฉนวนเซรามิกส์ที่คล้ายกันบนตัวนำต้อง

- ติดหรือรองรับในลักษณะที่ไม่สามารถเปลี่ยนตำแหน่งที่ก่อให้เกิดอันตราย และ
- ไม่อยู่บนขอบคมหรือมุมคม

ถ้าลูกบิดอยู่ในท่อร้อยสายโลหะอ่อนตัวได้ ต้องบรรจุอยู่ในปลอกฉนวน นอกจากว่าติดตั้งหรือยึดท่อร้อยสายในลักษณะที่การเคลื่อนที่ในการใช้งานปกติไม่ก่อให้เกิดอันตราย

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และในกรณีที่จำเป็นให้ตรวจสอบดังต่อไปนี้

ใช้แรง 10 นิวตันกระทำต่อฉนวน หรือท่อร้อยสาย ผลของการเคลื่อนที่ที่ต้องไม่ก่อให้เกิดอันตรายใดๆ ตามความหมายของมาตรฐานนี้

3.1.6 หมุดเกลียวสำหรับหน้าสัมผัสไฟฟ้าที่มีแรงกด

ในกรณีที่ต้องการหน้าสัมผัสทางไฟฟ้าที่มีแรงกด ต้องหมุดเกลียวอย่างน้อย 2 เกลียวเต็มเข้ากับแผ่นโลหะ แป้นเกลียวโลหะ หรือฟูกโลหะ

ต้องไม่ใช้หมุดเกลียวฉนวนในกรณีที่มีสิ่งต่อทางไฟฟ้า รวมทั้งการต่อลงดินป้องกันเข้ามาเกี่ยวเนื่องหรือในกรณีที่แทนที่หมุดเกลียวฉนวนด้วยหมุดเกลียวโลหะแล้ว อาจทำให้ฉนวนเพิ่มเติมหรือฉนวนเสริมด้อยลง

ในกรณีที่หมุดเกลียวฉนวนรับผิดชอบในด้านความปลอดภัยบางอย่าง ต้องขันหมุดเกลียวอย่างน้อย 2 เกลียวเต็ม

หมายเหตุ ดูข้อ 2.6.5.7 สำหรับหมุดเกลียวที่ใช้เพื่อความต่อเนื่องของการต่อลงดินป้องกัน

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.1.7 วัสดุฉนวนในการต่อทางไฟฟ้า

การต่อทางไฟฟ้าวรรณถึงการต่อสำหรับหน้าที่การต่อลงดินป้องกัน (ดูข้อ 2.6) ต้องออกแบบในลักษณะที่แรงกดสัมผัสไม่ส่งผ่านวัสดุฉนวน นอกจากว่ามีความยืดหยุ่นที่เพียงพอในส่วนโลหะที่ขัดเขยการหดตัวหรือการเสียรูปที่เป็นไปได้ใดๆ ของวัสดุฉนวน

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.1.8 หมุดเกลียวทำเกลียวขณะขันเข้าและหมุดเกลียวเกลียวห่าง

ต้องไม่ใช้หมุดเกลียวเกลียวห่าง (ใช้กับโลหะแผ่น) สำหรับการต่อของส่วนที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน นอกจากว่าจะจับยึดส่วนเหล่านั้นให้สัมผัสซึ่งกันและกันโดยตรง และมีวิธีล็อกที่เหมาะสม

ต้องไม่ใช้หมุดเกลียวทำเกลียวขณะขันเข้า (ตัดเกลียวหรือขึ้นรูปเกลียว) สำหรับการต่อทางไฟฟ้าของส่วนที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน นอกจากว่าหมุดเกลียวนั้นจะสร้างเกลียวจักรกลมาตรฐานเต็มรูปแบบ ยิ่งกว่านั้นต้องไม่ใช้หมุดเกลียวดังกล่าวถ้าถูกใช้งานโดยผู้ใช้หรือผู้ติดตั้ง นอกจากว่าเกลียวได้มาจากการตอกเพิ่มความหนาที่จุดทำเกลียว

หมายเหตุ ดูข้อ 2.6.5.7 สำหรับหมุดเกลียวที่ใช้เพื่อความต่อเนื่องของการต่อลงดินป้องกัน

การทดสอบการเป็นไปตามข้อกำหนดให้ปฏิบัติโดยการตรวจสอบ

3.1.9 ขั้วปลายของตัวนำ

ตัวนำต้องมีอุปกรณ์ เช่น ตัวกันหรือตัวยึด หรือเข้าปลายในลักษณะที่ตัวนำและสิ่งประกอบปลาย เช่น ขั้วต่อแบบแหวน (ring terminal) ขั้วต่อสายแบบต่อได้เร็ว (flat quick-connect terminal) ในการใช้งานปกติไม่สามารถเคลื่อนจนระยะห่างในอากาศหรือระยะห่างตามผิวฉนวนลดลงต่ำกว่าค่าที่ระบุไว้ในข้อ 2.10

ยอมให้ใช้วิธีบัดกรี เชื่อม ปีบอัด วิธีกดล็อก (screwless หรือ push-in) และที่คล้ายกันสำหรับต่อตัวนำ สำหรับวิธีบัดกรี ต้องจัดตำแหน่งและติดตั้งตัวนำในลักษณะที่ความเชื่อถือได้ในการรักษาตัวนำให้อยู่ในตำแหน่งไม่ขึ้นอยู่กับการบัดกรีแต่เพียงอย่างเดียว

ในเต้าเสียบและเต้ารับปลายทาง และในกรณีที่มีการลัดวงจรอาจเกิดขึ้น ต้องจัดให้มีการป้องกันการสัมผัสระหว่างวงจร SELV หรือวงจร TNV กับส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายเนื่องจากการหลุดของสายไฟฟ้าที่ขั้วปลาย หรือการหลุดของขั้วปลาย

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ การวัด และในกรณีที่เป็นไปตามการทดสอบต่อไปนี้

ใช้แรง 10 นิวตัน กดที่ตัวนำใกล้จุดต่อ ตัวนำต้องไม่หลุดออกจากขั้วหรือหมุนรอบขั้วจนถึงระดับที่ระยะห่างในอากาศ หรือระยะห่างตามผิวฉนวนที่ต้องการลดลงต่ำกว่าค่าที่ระบุในข้อ 2.10

สำหรับจุดประสงค์ของการประเมินการเป็นไปตามข้อกำหนดตั้งอยู่บนสมมติฐานว่า

- ตัวยึดที่อิสระ 2 ตัวไม่หลุดหลวมในเวลาเดียวกัน และ
- ส่วนประกอบที่ยึดโดยใช้หมุดเกลียวหรือแป้นเกลียวมีแหวนรองล็อกตัวเองหรืออุปกรณ์ล็อกอื่นไม่มีแนวโน้มที่จะหลุดหลวม

หมายเหตุ แหวนสปริงหรือสิ่งที่เหมือนกัน สามารถให้การล็อกได้เพียงพอ

ตัวอย่างของการสร้างที่เป็นไปตามข้อกำหนด

- ท่อที่สวมปิด (เช่น ปลอกที่หอดตัวด้วยความร้อน หรือปลอกยางสังเคราะห์) ที่ใช้หุ้มบนลวดตัวนำและขั้วปลาย
- ตัวนำไฟฟ้าที่ต่อโดยการบัดกรีและยึดอยู่ในตำแหน่งบริเวณขั้วปลายไม่ใช่จุดบัดกรีเป็นการยึดตัวนำไฟฟ้า เป็นการต่อแบบบัดกรีอย่างอิสระ
- ตัวนำไฟฟ้าที่ต่อโดยการบัดกรีและก่อนบัดกรีได้ร้อยตัวนำไฟฟ้าผ่านรูที่ไม่ใหญ่เกินควร

- ตัวนำไฟฟ้าที่ต่อกับขั้วปลายแบบเกลียวยึด ที่มีตัวยึดเพิ่มเติมใกล้กับขั้วปลาย ที่จับยึดทั้งฉนวนและตัวนำในกรณีของตัวนำตีเกลียว
- ตัวนำไฟฟ้าที่ต่อกับขั้วปลายแบบเกลียวยึด และมีขั้วต่อซึ่งไม่นำทำให้เกิดการหลุดเป็นอิสระ (เช่น ขั้วต่อที่เป็นวงแหวนบีบอัดกับตัวนำไฟฟ้า) ต้องพิจารณาการหมุนของขั้วต่อด้วย
- ตัวนำแข็งเส้นที่คงอยู่ในตำแหน่งเมื่อสกรูของขั้วปลายถูกทำให้หลวม

3.1.10 ปลอกหุ้มสาย

ในกรณีที่ใช้ปลอกเป็นฉนวนเพิ่มเติมบนสายภายใน ต้องคงไว้ให้อยู่ในตำแหน่งโดยวิธีการที่ให้ผลในทางบวก

ในกรณีที่ใช้ปลอกเป็นฉนวนเพิ่มเติมหุ้มสายภายใน ต้องคงปลอกไว้ให้อยู่ในตำแหน่งโดยใช้วิธีการที่มั่นใจได้

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

ตัวอย่างของการสร้างที่พิจารณาแล้วเป็นไปตามจุดประสงค์ของข้อกำหนด

- ปลอกสายที่สามารถถอดออกได้โดยการทำให้แตกหรือตัดสายไฟฟ้าหรือปลอกสายเท่านั้น
- ปลอกสายที่ปลายทั้งสองข้างถูกจับยึดไว้
- ปลอกสายที่หดตัวด้วยความร้อนที่รัดแน่นกับฉนวนของสายไฟฟ้า

3.2 การต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับหรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรง

3.2.1 วิธีการต่อ

3.2.1.1 การต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ

สำหรับการต่อที่ปลอดภัยและเชื่อถือได้เข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ บริษัทต้องมีอย่างน้อยอย่างหนึ่งต่อไปนี้

- ขั้วต่อสำหรับต่ออย่างถาวรเข้ากับแหล่งจ่าย
- สายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดไม่ได้สำหรับต่ออย่างถาวรเข้ากับแหล่งจ่าย หรือการต่อเข้ากับแหล่งจ่ายโดยใช้เต้าเสียบ
- เต้าเสียบเครื่องใช้สำหรับการต่อของสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดได้
- เต้าเสียบหลักที่เป็นส่วนของบริษัทเสียบเข้าโดยตรง

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.2.1.2 การต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรง

สำหรับการต่อที่ปลอดภัยและเชื่อถือได้เข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรง บริษัทต้องมีอย่างน้อยอย่างหนึ่งต่อไปนี้

- ขั้วต่อสำหรับต่ออย่างถาวรเข้ากับแหล่งจ่าย
- สายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดไม่ได้สำหรับต่ออย่างถาวรเข้ากับแหล่งจ่าย หรือการต่อเข้ากับแหล่งจ่ายโดยใช้เต้าเสียบ
- เต้าเสียบเครื่องใช้สำหรับการต่อของสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดได้

เต้าเสียบและเต้าเสียบเครื่องใช้ต้องไม่เป็นชนิดที่ใช้สำหรับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับถ้าอันตรายเกิดจากการใช้งานเต้าเสียบเหล่านั้น เต้าเสียบและเต้าเสียบเครื่องใช้ต้องออกแบบให้ป้องกันการสลับขั้วการต่อถ้าการใช้ก่อให้เกิดอันตรายจากการต่อนั้น

ยอมให้ขั้วหนึ่งของแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรงต่อกับทั้งขั้วต่อต้านเข้าประธานของบริษัทและขั้วต่อลงดินป้องกันหลักของบริษัท (ถ้ามี) ให้มีรายละเอียดแนะนำเกี่ยวกับการเตรียมการต่อลงดินของบริษัทด้วย

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.2.2 การต่อเข้ากับแหล่งจ่ายหลายแหล่ง

ในกรณีที่บริษัทมีการต่อเข้ากับแหล่งจ่ายมากกว่า 1 แหล่งจ่าย (เช่นที่มีแรงดันไฟฟ้าต่างกันหรือความถี่ต่างกันหรือเป็นกำลังไฟฟ้าสำรอง) การออกแบบต้องเป็นไปตามลักษณะที่เป็นไปตามเงื่อนไขต่อไปนี้ทั้งหมด

- มีวิธีการต่อที่แยกกันสำหรับวงจรที่แตกต่างกัน และ
- เต้าเสียบจ่าย (ถ้ามี) ต้องไม่สามารถสับเปลี่ยนทดแทนกันได้ ถ้าอาจเป็นผลให้มีอันตรายจากการเสียบไม่ถูกต้อง และ
- ผู้ใช้เครื่องได้รับการป้องกันจากการสัมผัสกับส่วนเปลือยของวงจร ELV หรือส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตราย เช่นหน้าสัมผัสของเต้าเสียบ เมื่อปลดตัวต่อตั้งแต่ 1 ตัวขึ้นไป

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และสำหรับสภาพเข้าถึงได้ในกรณีที่จำเป็น โดยใช้นิ้วทดสอบตามรูปที่ 2ก (ดูข้อ 2.1.1.1)

3.2.3 บริษัทต่ออย่างถาวร

บริษัทที่ต่ออย่างถาวรต้องมีอย่างน้อยอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

- ชุดขั้วต่อตามข้อ 3.3 หรือ
- สายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดไม่ได้

บริษัทที่ต่ออย่างถาวรที่มีชุดขั้วต่อ ต้อง

- ยอมให้มีการต่อสายจ่ายหลังติดตั้งบริษัทเข้ากับที่รองรับ และ
- มีทางเข้าเคเบิล ทางเข้าท่อร้อยสาย ช่องกระทุ้ง หรือปลอกป้องกันสาย (cable glands) ซึ่งยอมให้ต่อเคเบิลหรือท่อร้อยสายที่เหมาะสม

บริษัทที่มีกระแสที่กำหนดไม่เกิน 16 แอมแปร์ ทางเข้าเคเบิลต้องเหมาะกับเคเบิลและท่อร้อยสายที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเบ็ดเสร็จตามตารางที่ 3ก

ทางเข้าท่อร้อยสายและเคเบิล และช่องต่อสายแบบกระทุ้ง สำหรับการต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า ต้องออกแบบหรือกำหนดในลักษณะที่การสอดขั้วของท่อร้อยสายและสายไฟฟ้าไม่มีผลกระทบต่อ การป้องกันช็อกไฟฟ้า หรือลดระยะห่างในอากาศและระยะห่างตามผิวฉนวนต่ำกว่าค่าที่ระบุในข้อ 2.10

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ การทดสอบติดตั้งในทางปฏิบัติและการวัด

ตารางที่ 3ก ขนาดของเคเบิลและท่อร้อยสาย
สำหรับบริเวณที่มีกระแสที่กำหนดไม่เกิน 16 แอมแปร์
(ข้อ 3.2.3)

จำนวนตัวนำ รวมทั้งตัวนำต่อลงดินป้องกัน ในกรณีที่มี	เส้นผ่านศูนย์กลางเบ็ดเสร็จ mm	
	เคเบิล	ท่อร้อยสาย
2	13.0	16.0 (22.2)
3	14.0	16.0 (22.2)
4	14.5	20.0 (27.8)
5	15.5	20.0 (27.8)

3.2.4 เต้าเสียบเครื่องใช้

เต้าเสียบเครื่องใช้ต้องเป็นทุกกรณีต่อไปนี้

- จัดตำแหน่งหรือหุ้มในลักษณะที่ไม่สามารถแตะต้องถึงส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายในระหว่างการสอดใส่หรือถอดตัวต่อ (เต้าเสียบเครื่องใช้ที่เป็นไปตาม มอก.1234 หรือ IEC 60309 หรือ IEC 60320 ถือว่าเป็นไปตามข้อกำหนดนี้) และ
- วางตำแหน่งที่ตัวต่อสามารถสอดใส่ได้โดยไม่ลำบาก และ
- วางในลักษณะที่หลังการสอดใส่ตัวต่อ บริเวณที่ไม่ถูกรองรับโดยตัวต่อสำหรับตำแหน่งใช้งานปกติ ใดๆ บนพื้นผิวราบเรียบ

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และสำหรับสภาพเข้าถึงได้ โดยใช้นิ้วทดสอบตามรูปที่ 2ก (ดูข้อ 2.1.1.1)

3.2.5 สายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้า

3.2.5.1 สายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ

สายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าสำหรับต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับต้องเป็นไปตามดังต่อไปนี้ตามความเหมาะสม

- ถ้าเป็นฉนวนยาง ต้องเป็นยางสังเคราะห์ และต้องมีความหนาไม่น้อยกว่าสายอ่อนเปลือกนอกยางเหนียวชนิดธรรมดาตาม IEC 60245 (สัญลักษณ์ระบุ 60245 IEC 53) และ
- ถ้าเป็นฉนวนพอลิไวนิลคลอไรด์
 - สำหรับบริเวณที่มีสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดไม่ได้ และมีมวลไม่เกิน 3 กิโลกรัม ต้องมีความหนาไม่น้อยกว่าสายอ่อนเปลือกนอกพอลิไวนิลคลอไรด์ชนิดบางตาม มอก.11 (สัญลักษณ์ระบุ 60227 IEC 52)
 - สำหรับบริเวณที่มีสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดไม่ได้ และมีมวลเกิน 3 กิโลกรัม ต้องมีความหนาไม่น้อยกว่าสายอ่อนเปลือกนอกพอลิไวนิลคลอไรด์ธรรมดาตาม มอก.11 (สัญลักษณ์ระบุ 60227 IEC 53)

- สำหรับบริษัทที่มีสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดได้ ต้องมีความหนาไม่น้อยกว่าสายอ่อนเปลือกนอกพอลิไวนิลคลอไรด์ชนิดบางตาม มอก.11 (สัญลักษณ์ระบุ 60227 IEC 52) และ

หมายเหตุ 1. ไม่มีข้อจำกัดเรื่องมวลของบริษัทที่มีเจตนาใช้กับสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดได้

- รวมถึงบริษัทที่ต้องต่อลงดินป้องกัน ตัวนำต่อลงดินป้องกันต้องมีฉนวนสีเขียวแถบเหลือง และ
- มีตัวนำที่มีพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3ข

หมายเหตุ 2. ไม่มีข้อความ

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด นอกจากนี้ สายอ่อนหุ้มตาข่ายให้ตรวจสอบการเป็นไปตามข้อกำหนดโดยการทดสอบตาม มอก.11 ทุกหัวข้อ ยกเว้นการทดสอบการโค้งงอให้ทดสอบเฉพาะกับสายอ่อนหุ้มตาข่ายที่ใช้กับบริษัทเคลื่อนย้ายได้เท่านั้น

หมายเหตุ 3. แม้ว่าสายอ่อนหุ้มตาข่ายไม่ครอบคลุมในขอบข่ายของ มอก.11 ทุกหัวข้อ ให้ดำเนินการทดสอบที่เกี่ยวข้องของ มอก.11 มาใช้

ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับตาข่ายเป็นที่ยอมรับได้ หาก

- ในระหว่างการทดสอบการโค้งงอ ตาข่ายไม่สัมผัสกับตัวนำใดๆ และ
- ภายหลังการทดสอบการโค้งงอ ตัวอย่างทนการทดสอบความทนทานไฟฟ้าระหว่างตาข่ายกับตัวนำอื่นทั้งหมดได้

ตารางที่ 3ข ขนาดของตัวนำในสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้า

(ข้อ 2.6.3.2 ข้อ 2.6.3.3 ข้อ 2.6.3.4 ข้อ 3.2.5.1 และข้อ 5.1.7)

กระแสไฟฟ้าที่กำหนดของบริษัท A	ขนาดต่ำสุดของตัวนำ
	พื้นที่หน้าตัดระบุ mm ²
≤ 6	0.75
> 6 และ ≤ 10	1.00
> 10 และ ≤ 16	1.5
> 16 และ ≤ 25	2.5
> 25 และ ≤ 32	4
> 32 และ ≤ 40	6
> 40 และ ≤ 63	10
> 63 และ ≤ 80	16
> 80 และ ≤ 100	25
> 100 และ ≤ 125	35
> 125 และ ≤ 160	50
> 160 และ ≤ 190	70
> 190 และ ≤ 230	95
> 230 และ ≤ 260	120
> 260 และ ≤ 300	150
> 300 และ ≤ 340	185
> 340 และ ≤ 400	240
> 400 และ ≤ 460	300

3.2.5.2 สายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้ากระแสตรง

สายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าสำหรับต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรง ต้องเหมาะสมกับแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และทนต่อการใช้งานที่ผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นได้
การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.2.6 ที่ยึดสายและอุปกรณ์ลดความเครียด

บริษัทที่มีสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดไม่ได้ ต้องมีที่ยึดสายในลักษณะที่

- จุดต่อของตัวนำสายอ่อนมีการลดความเครียด
- สิ่งหุ้มภายนอกของสายอ่อนมีการป้องกันจากการชำรุด

ต้องไม่สามารถดึงสายอ่อนกลับเข้าไปในบริษัทจนสายอ่อนหรือตัวนำไฟฟ้าหรือทั้งคู่อาจเสียหายได้หรือชิ้นส่วนภายในบริษัทเคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งเดิม

สายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดไม่ได้ที่มีตัวนำต่อลงดินป้องกัน โครงสร้างที่ยึดสายต้องเป็นลักษณะที่เมื่อเกิดความเครียดบนตัวนำ ตัวนำต่อลงดินป้องกันจะเป็นเส้นสุดท้ายที่รับความเครียด

ที่ยึดสายต้องทำด้วยวัสดุฉนวนหรือมีร่องในที่เป็นวัสดุฉนวนซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของฉนวนเพิ่มเติมอย่างไรก็ตาม ไม่ใช่ข้อกำหนดนี้ในกรณีที่ที่ยึดสายเป็นปลอกฉนวนนำสายที่รวมอยู่ในการต่อทางไฟฟ้าเข้ากับตาข่ายของสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าหุ้มตาข่าย โครงสร้างของที่ยึดสายต้องเป็นไปในลักษณะที่

- การเปลี่ยนสายอ่อนไม่ทำให้ความปลอดภัยของบริษัทลดลง และ
- สำหรับการเปลี่ยนสายอ่อนตามปกติ เป็นที่ทราบชัดว่าจะลดความเครียดได้อย่างไร และ
- สายอ่อนไม่ได้ถูกจับยึดไว้ด้วยหมุดเกลียวซึ่งออกแรงกดโดยตรงบนสายอ่อน เว้นแต่ว่าที่ยึดสายรวมถึงหมุดเกลียวทำขึ้นด้วยวัสดุฉนวน และหมุดเกลียวมีขนาดใกล้เคียงกับเส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้าที่จับยึด และ
- ไม่ใช่วิธีที่ผูกสายอ่อนเป็นปมหรือผูกสายอ่อนด้วยเชือก และ
- สายอ่อนไม่สามารถหมุนได้เมื่อสัมผัสกับตัวบริษัทในลักษณะที่ทำให้เกิดความเครียดทางกลที่จุดต่อทางไฟฟ้า

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และโดยการทดสอบต่อไปนี้สำหรับสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าที่ให้มาพร้อมกับบริษัท

ดึงสายอ่อน 25 ครั้ง ครั้งละ 1 วินาที ด้วยแรงคงที่ตามค่าที่ระบุในตารางที่ 3c ในทิศทางที่ให้ผลเลวที่สุด

ในระหว่างการทดสอบ สายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าต้องไม่เสียหาย ให้ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจ และการทดสอบความทนทานไฟฟ้าระหว่างตัวนำของสายอ่อนกับส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึง ที่แรงดันไฟฟ้าทดสอบที่เหมาะสมสำหรับฉนวนเสริม

ภายหลังการทดสอบ สายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าต้องไม่ยืดออกในแนวยาวเกิน 2 มิลลิเมตร และต้องไม่มีความเครียดที่ชั่วต่อ ระยะห่างตามผิวฉนวนและระยะห่างในอากาศต้องไม่ลดลงต่ำกว่าค่าที่ระบุไว้ในข้อ 2.10

ตารางที่ 3ค การตรวจสอบทางฟิสิกส์บนสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้า
(ข้อ 3.2.6)

มวลของบริภัณฑ์ kg	แรงดึง N
≤ 1	30
> 1 และ ≤ 4	60
> 4	100

3.2.7 การป้องกันความเสียหายทางกล

สายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าต้องไม่สัมผัสวัตถุจุดคมหรือขอบคมภายในหรือบนพื้นผิวของบริภัณฑ์ หรือที่ช่องเข้าสายหรือปลอกฉนวนนำสายเข้า

เปลือกทั้งหมดของสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดไม่ได้ต้องต่อเนื่องเข้าไปในบริภัณฑ์ผ่านปลอกฉนวนนำสาย หรืออุปกรณ์ป้องกันสายใดๆ และต้องยาวออกไปพ้นที่ยึดสายไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของเส้นผ่านศูนย์กลางของสายอ่อน

ในกรณีที่ใช้ปลอกฉนวนนำสายเข้า ต้อง

- ยึดติดอย่างเชื่อถือได้ และ
- ถอดไม่ได้ถ้าไม่ใช่เครื่องมือ

ต้องไม่ใช่ปลอกฉนวนนำสายเข้าโลหะกับเปลือกหุ้มที่ไม่ใช่โลหะ

ปลอกฉนวนนำสายเข้าหรืออุปกรณ์ป้องกันสายที่ยึดกับส่วนนำไฟฟ้าที่ไม่ต่อลงดินป้องกัน ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับฉนวนเพิ่มเติม

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด

3.2.8 อุปกรณ์ป้องกันสาย

ต้องมีอุปกรณ์ป้องกันสายที่ช่องร้อยสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าของบริภัณฑ์ซึ่งมีสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดไม่ได้ และเป็นบริภัณฑ์มือถือหรือเป็นบริภัณฑ์ที่มีเจตนาให้เคลื่อนที่ในขณะที่ทำงาน หรืออีกทางเลือกหนึ่ง ช่องร้อยสายหรือปลอกฉนวนนำสายต้องมีลักษณะปากระฆังมนเรียบที่มีรัศมีความโค้งอย่างน้อย 1.5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของสายอ่อนที่มีพื้นที่หน้าตัดใหญ่ที่สุดที่จะใช้

อุปกรณ์ป้องกันสายต้อง

- ออกแบบให้ป้องกันสายอ่อนไม่ให้เกิดการโค้งงอเกินควร ตรงจุดที่สายร้อยเข้าบริภัณฑ์ และ
- เป็นวัสดุฉนวน และ
- ประกอบอยู่อย่างมั่นคง และ
- ยื่นพ้นช่องร้อยสายของบริภัณฑ์เป็นระยะทางอย่างน้อย 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของสายอ่อน หรืออย่างน้อย 5 เท่าของมิติหลักของหน้าตัดของสายอ่อนแบน

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ การวัด และในกรณีที่จำเป็นโดยการทดสอบต่อไปนี้ กับสายอ่อนที่รับมาพร้อมบริภัณฑ์

วางบริเวณที่ในลักษณะที่แกนของอุปกรณ์ป้องกันสายซึ่งสายออกจากบริเวณที่ทำมุม 45 องศา และสายอ่อนเป็นอิสระจากความเค้น ยึดมวลเท่ากับ $10 \times D^2$ กรัม เข้ากับปลายอิสระของสายอ่อน โดย D เท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางหรือมิติตรง (ในกรณีสายแบน) ของสายอ่อน หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ถ้าอุปกรณ์ป้องกันสายเป็นวัสดุไวต่ออุณหภูมิ ให้ทดสอบที่ 23 ± 2 องศาเซลเซียส สายอ่อนแบนให้ตัดโค้งในระนาบที่มีความต้านน้อยที่สุด

ทันทีหลังจากยึดมวลเสร็จ รัศมีความโค้งของสายอ่อนต้องไม่น้อยกว่า $1.5 D$ ไม่ว่าเป็นตำแหน่งใด

3.2.9 ที่วางสำหรับสายป้อนกำลังไฟฟ้า

ที่วางสำหรับสายป้อนกำลังไฟฟ้าที่เตรียมไว้ภายใน หรือเป็นส่วนของบริเวณสำหรับการต่อถาวรหรือสำหรับการต่อสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดไม่ได้ ต้องออกแบบให้

- ยอมให้ใส่ตัวนำและต่อได้ง่าย
- ปลายของตัวนำที่ไม่หุ้มฉนวนไม่อาจเป็นอิสระจากขั้วต่อสายหรือมาสัมผัสกับ
 - ส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึงที่ไม่มีการต่อลงดินป้องกัน หรือ
 - ส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึงของบริเวณที่มีมือถือ
- ยอมให้ตรวจสอบก่อนการปิดฝาครอบ (ถ้ามี) ว่าตัวนำได้ต่อและวางตำแหน่งถูกต้อง และ
- อยู่ในลักษณะที่ฝาครอบ (ถ้ามี) สามารถปิดได้โดยปราศจากความเสี่ยงของการทำให้ตัวนำ หรือฉนวนของตัวนำเสียหาย และ
- อยู่ในลักษณะที่ฝาครอบ (ถ้ามี) ที่ทำให้เข้าถึงขั้วต่อได้ สามารถถอดออกไปโดยใช้เครื่องมือธรรมดาที่ทำได้

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และการทดสอบติดตั้งด้วยสายอ่อนที่มีพื้นที่หน้าตัดใหญ่ที่สุดของพิสัยที่เหมาะสมที่ระบุไว้ในข้อ 3.3.4

3.3 ขั้วต่อสายสำหรับการต่อตัวนำภายนอก

3.3.1 ขั้วต่อสาย

บริเวณที่ต่ออย่างถาวรและบริเวณที่มีสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดไม่ได้ต้องมีขั้วต่อสาย ซึ่งการต่อทำได้โดยใช้หมุดเกลียว แป้นเกลียว หรืออุปกรณ์อื่นที่ยังผลเทียบเท่ากัน (ดูข้อ 2.6.4)

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.3.2 การต่อสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดไม่ได้

สำหรับบริเวณที่มีสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดไม่ได้แบบพิเศษ การต่อตัวนำแต่ละตัวเข้ากับขั้วต่อสายของบริเวณที่ต้องทำได้โดยใช้อุปกรณ์ใด ๆ ซึ่งให้การต่อทางไฟฟ้าและทางกลที่เชื่อถือได้โดยไม่เกินขีดจำกัดอุณหภูมิที่ยอมให้เมื่อบริเวณทำงานภายใต้โหลดปกติ (ดูข้อ 3.1.9 ด้วย)

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และโดยการวัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของจุดต่อซึ่งต้องไม่เกินค่าในข้อ 4.5.1

3.3.3 ขั้วต่อหมุดเกลียว

หมุดเกลียวและแป้นเกลียวซึ่งจับยึดตัวนำจ่ายกำลังไฟฟ้าภายนอกต้องมีเกลียวเป็นไปตาม ISO 261 หรือ ISO 262 หรือเกลียวซึ่งเท่าเทียมกันทั้งพิitchและความแข็งแรงทางกล เช่น เกลียวยูนิไฟ หมุด

เกลียวและแป้นเกลียวต้องไม่ทำหน้าที่จับยึดส่วนประกอบอื่นใด ยกเว้นที่ยอมให้จับยึดตัวนำภายใน หากตัวนำภายในจัดวางในลักษณะที่มักจะเคลื่อนที่เมื่อติดตั้งตัวนำจ่ายกำลังไฟฟ้าสำหรับขั้วต่อลงดินป้องกัน ดูข้อ 2.6.4.1 ด้วย

ยอมให้ใช้ขั้วต่อของส่วนประกอบ (เช่น สวิตช์) ซึ่งสร้างลงในบริภัณฑ์เป็นขั้วต่อสำหรับตัวนำจ่ายกำลังไฟฟ้าภายนอก หากเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 3.3

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.3.4 ขนาดของตัวนำที่ต่อ

ขั้วต่อต้องสามารถต่อตัวนำที่มีพื้นที่หน้าตัดระบุตามตารางที่ 3ง

ในกรณีที่ใช้ตัวนำไฟฟ้ามีขนาดใหญ่กว่า ขั้วต่อไฟฟ้าต้องมีขนาดสอดคล้องกัน

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ การวัด และการติดตั้งสายอ่อนที่มีพื้นที่หน้าตัดเล็กที่สุดและใหญ่ที่สุดของพิสัยที่เหมาะสมตามตารางที่ 3ง

ตารางที่ 3ง พิสัยของขนาดตัวนำที่สามารถใช้กับขั้วต่อ

(ข้อ 3.3.4)

กระแสไฟฟ้าที่กำหนด ของบริภัณฑ์ A	พื้นที่หน้าตัดระบุ mm ²					
	สายอ่อน			เคเบิลอื่น		
≤ 3	0.5	ถึง	0.75	1	ถึง	2.5
> 3 และ ≤ 6	0.75	ถึง	1	1	ถึง	2.5
> 6 และ ≤ 10	1	ถึง	1.5	1	ถึง	2.5
> 10 และ ≤ 16	1.5	ถึง	2.5	1.5	ถึง	4
> 16 และ ≤ 25	2.5	ถึง	4	2.5	ถึง	6
> 25 และ ≤ 32	4	ถึง	6	4	ถึง	10
> 32 และ ≤ 40	6	ถึง	10	6	ถึง	16
> 40 และ ≤ 63	10	ถึง	16	10	ถึง	25

3.3.5 ขนาดของขั้วต่อสาย

ขั้วต่อสายต้องมีขนาดต่ำสุดตามตารางที่ 3จ

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด

ตารางที่ 3จ ขนาดของขั้วต่อสำหรับตัวนำจ่ายกำลังไฟฟ้าประธาน และตัวนำต่อลงดินป้องกัน¹⁾
(ข้อ 2.6.3.4 และข้อ 3.3.5)

กระแสไฟฟ้าที่กำหนดของบริษัท A	เส้นผ่านศูนย์กลางเกลียวระบุต่ำสุด mm	
	แบบใช้ปลายหมุดเกลียวยึดหรือ แบบสลักเกลียวปล่อยสองข้าง	แบบใช้หัวหมุดเกลียวยึด ²⁾
≤ 10	3.0	3.5
> 10 และ ≤ 16	3.5	4.0
> 16 และ ≤ 25	4.0	5.0
> 25 และ ≤ 32	4.0	5.0
> 32 และ ≤ 40	5.0	5.0
> 40 และ ≤ 63	6.0	6.0
¹⁾ ตารางนี้ใช้สำหรับขนาดของขั้วต่อของตัวนำเชื่อมต่อป้องกัน หากกำหนดไว้ในข้อ 2.6.4.2 ²⁾ “แบบใช้หัวหมุดเกลียวยึด” หมายถึง ขั้วต่อที่จับยึดตัวนำไฟฟ้าไว้ได้หัวหมุดเกลียว โดยมีหรือไม่มีแหวนรอง		

3.3.6 การออกแบบขั้วต่อสาย

ขั้วต่อต้องออกแบบในลักษณะที่จับยึดตัวนำไว้ระหว่างพื้นผิวโลหะด้วยแรงกดสัมผัสที่เพียงพอ และไม่ทำความเสียหายให้แก่ตัวนำ

ขั้วต่อต้องออกแบบหรือจัดตำแหน่งในลักษณะที่ตัวนำไม่สามารถเลื่อนหลุดออกเมื่อขันหมุดเกลียวหรือแป้นเกลียวจับยึด

ขั้วต่อต้องมีอุปกรณ์จับยึดที่เหมาะสมสำหรับตัวนำ (เช่น แป้นเกลียว และ แหวนรองเกลียว)

ขั้วต่อต้องติดตั้งในลักษณะที่เมื่ออุปกรณ์จับยึดตัวนำถูกขันหรือคลาย

- ขั้วต่อไม่หลวม และ
- สายภายในไม่เกิดความเค้น และ
- ระยะห่างตามผิวนวนและระยะห่างในอากาศไม่ลดลงต่ำกว่าค่าที่ระบุในข้อ 2.10

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด

3.3.7 การจัดกลุ่มของขั้วต่อสาย

สายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดไม่ได้ และสำหรับบริษัทที่ต่ออย่างถาวร ขั้วต่อของแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับที่เกี่ยวข้องทั้งหมดต้องวางตำแหน่งให้ใกล้เคียงซึ่งกันและกัน และใกล้กับขั้วต่อลงดินป้องกันหลัก (ถ้ามี)

สำหรับสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดไม่ได้ และสำหรับบริษัทที่ต่ออย่างถาวร ขั้วต่อของแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรงที่เกี่ยวข้องทั้งหมดต้องวางตำแหน่งให้ใกล้เคียงซึ่งกันและกัน ขั้วต่อทั้งหมดไม่จำเป็นต้องวางตำแหน่งใกล้เคียงกับขั้วต่อลงดินป้องกันหลัก (ถ้ามี) หากข้อแนะนำการติดตั้งได้ให้รายละเอียดการต่อลงดินที่เหมาะสมของระบบไว้

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.3.8 สายตีเกลียว

ปลายของตัวนำตีเกลียวต้องไม่นำมารวมกันโดยการบัดกรีที่บริเวณซึ่งตัวนำรับแรงกดสัมผัส นอกจากว่าวิธีจับยึดออกแบบในลักษณะที่ลดการเกิดการสัมผัสไม่ดีเนื่องจากการไหลเย็นของสารบัดกรี

ข้อต่อสายแบบสปริงซึ่งขัดเขยการไหลเย็นของสารบัดกรีถือว่าเป็นไปตามข้อกำหนดนี้

การป้องกันหมดเกลียวจับยึดจากการหมุนถือว่าไม่เพียงพอ

ข้อต่อต้องจัดวาง ป้องกัน หรือหุ้มฉนวน ในลักษณะที่หากตัวนำย่อยของตัวนำสายอ่อนหลุดขณะต่อตัวนำ ต้องไม่มีความเสี่ยงของการสัมผัสโดยบังเอิญระหว่างตัวนำย่อยดังกล่าวกับ

- ส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึง หรือ
- ส่วนนำไฟฟ้าที่ไม่ต่อลงดินซึ่งแยกออกจากส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึงโดยฉนวนเพิ่มเติมเท่านั้น

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และถ้าไม่ได้เตรียมสายอ่อนพิเศษให้ป้องกันการหลุดของตัวนำย่อย ให้ทดสอบดังต่อไปนี้

ลอกฉนวนยาวประมาณ 8 มิลลิเมตร ออกจากปลายสายตัวนำอ่อนที่มีพื้นที่หน้าตัดระบุที่เหมาะสม ปลดสายตัวนำย่อยเส้นหนึ่งเป็นอิสระ แล้วใส่ลวดตัวนำที่หล่อเข้าไปจนสุดและจับยึดไว้กับข้อต่อ ดัดโค้งตัวนำอิสระในทุกทิศทางที่เป็นไปได้โดยไม่ต้องฉีกฉนวนกลับ แต่ไม่หักเป็นมุมแหลมรอบที่ป้องกัน

ถ้าตัวนำอิสระมีแรงดันไฟฟ้าอันตราย ตัวนำอิสระต้องไม่สัมผัสกับส่วนนำไฟฟ้าใดๆ ที่แตะต้องถึง หรือที่ต่อเข้ากับส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึง หรือ (ในกรณีของบริษัทฉนวนคู่) สัมผัสกับส่วนนำไฟฟ้าใดๆ ซึ่งแยกออกจากส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึงโดยฉนวนเพิ่มเติมเท่านั้น

ถ้าตัวนำต่อกับข้อต่อลงดิน ตัวนำอิสระต้องไม่สัมผัสกับส่วนใด ๆ ที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตราย

3.4 การปลดวงจรจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธาน

3.4.1 ข้อกำหนดทั่วไป

ต้องจัดให้มีอุปกรณ์ปลดวงจรไว้สำหรับปลดบริภัณฑ์ออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานเพื่อซ่อมบำรุง หมายเหตุ อาจมีคำแนะนำที่ยอมให้ซ่อมบำรุงชิ้นส่วนของบริภัณฑ์ ในขณะที่เปิดหรือไม่เปิดอุปกรณ์ปลดวงจร การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.4.2 อุปกรณ์ปลดวงจร

อุปกรณ์ปลดวงจรต้องมีระยะแยกของหน้าสัมผัสอย่างน้อย 3 มิลลิเมตร และเมื่อติดตั้งรวมเข้ากับบริภัณฑ์ต้องต่อให้ใกล้แหล่งจ่ายให้มากที่สุดเท่าที่ทำได้

ยอมให้สวิตช์ตามหน้าที่ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ปลดวงจรหากเป็นไปตามข้อกำหนดทั้งหมดสำหรับอุปกรณ์ปลดวงจร อย่างไรก็ตามข้อกำหนดเหล่านี้ไม่ใช้กับสวิตช์ตามหน้าที่เมื่อมีอุปกรณ์ปลดวงจรอื่นยอมให้ใช้อุปกรณ์ปลดวงจรแบบต่อไปนี้ได้

- เต้าเสียบบนสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้า
- เต้าเสียบหลักที่เป็นส่วนหนึ่งของบริภัณฑ์เสียบเข้าโดยตรง
- คู่เต้าต่อเครื่องใช้
- สวิตช์แยกวงจร
- เครื่องตัดวงจร

- อุปกรณ์อื่นๆ ที่เทียบเท่ากัน
- การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.4.3 บริษัทที่ต่ออย่างถาวร

บริษัทที่ต่ออย่างถาวร ต้องมีอุปกรณ์ปลดวงจรรวมอยู่ในบริษัท นอกจากว่าบริษัทมีข้อแนะนำการติดตั้งเป็นไปตามข้อ 1.7.2 ที่กำหนดว่าต้องมีอุปกรณ์ปลดวงจรที่เหมาะสมเป็นส่วนหนึ่งของการติดตั้งของอาคาร

หมายเหตุ อุปกรณ์ปลดวงจรภายนอกไม่จำเป็นต้องให้มาพร้อมกับบริษัท

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.4.4 ส่วนซึ่งยังคงได้รับพลังงานไฟฟ้า

ส่วนที่อยู่ด้านแหล่งจ่ายของอุปกรณ์ปลดวงจรในบริษัทซึ่งยังคงได้รับพลังงานไฟฟ้า เมื่ออุปกรณ์ปลดวงจรปลดวงจร ต้องได้รับการป้องกันในลักษณะที่จะลดการสัมผัสโดยบังเอิญโดยผู้ซ่อมบำรุง

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.4.5 สวิตช์ในสายอ่อน

ห้ามติดสวิตช์แยกวงจรในสายอ่อน

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.4.6 บริษัทเฟสเดียวและบริษัทกระแสดร่ง

บริษัทเฟสเดียวและบริษัทกระแสดร่ง อุปกรณ์ปลดวงจรต้องปลดวงจรทั้งสองขั้วพร้อมกัน เว้นแต่ว่าอุปกรณ์ปลดวงจรขั้วเดียวสามารถใช้ปลดวงจรตัวนำเฟสเมื่อมั่นใจในการระบายสายดินในแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสดร่งหรือสายกลางที่ต่อลงดินในแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสดร่ง

สำหรับบริษัทที่มีอุปกรณ์ปลดวงจรขั้วเดียว ข้อแนะนำในการติดตั้งต้องกำหนดให้มีอุปกรณ์ปลดวงจรสองขั้วเพิ่มเติมในการติดตั้งของอาคาร เมื่อใช้บริษัทในที่ซึ่งการระบายสายดินในแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสดร่งหรือสายกลางที่ต่อลงดินในแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสดร่งเป็นไปได้

หมายเหตุ ตัวอย่าง 3 ตัวอย่างของกรณีที่ต้องมีอุปกรณ์ปลดวงจรสองขั้ว ได้แก่

- บนบริษัทที่รับกำลังไฟฟ้าจากระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า IT
- บนบริษัทที่เสียบได้ที่รับกำลังไฟฟ้าผ่านคู่เต้าต่อเครื่องใช้กลับขั้วได้หรือเต้าเสียบกลับขั้วได้ (นอกจากว่าใช้ตัวคู่เต้าต่อเครื่องใช้หรือเต้าเสียบเองเป็นอุปกรณ์ปลดวงจร)
- บนบริษัทที่รับกำลังไฟฟ้าจากเต้ารับที่ไม่กำหนดขั้ว

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.4.7 บริษัท 3 เฟส

บริษัท 3 เฟส อุปกรณ์ปลดวงจรต้องปลดตัวนำเฟสของแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสดร่งทุกตัวพร้อมกัน

บริษัทที่ต้องการต่อสายกลางเข้ากับระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า IT อุปกรณ์ปลดวงจรต้องเป็นอุปกรณ์ 4 ขั้ว และต้องปลดตัวนำเฟสทั้งหมดและตัวนำเป็นกลาง ถ้าอุปกรณ์ 4 ขั้วนี้ไม่ได้มีไว้ในบริษัท ข้อแนะนำการติดตั้งต้องกำหนดให้จัดให้มีอุปกรณ์ 4 ขั้วในการติดตั้งของอาคาร

ถ้าอุปกรณ์ปลดวงจรตัดตัวนำเป็นกลาง ต้องตัดตัวนำเฟสทุกสายไปพร้อมกันด้วย

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.4.8 สวิตช์ที่เป็นอุปกรณ์ปลดวงจร

ในกรณีที่อุปกรณ์ปลดวงจรเป็นสวิตช์ที่รวมอยู่ในบริษัท ต้องทำเครื่องหมายตามข้อ 1.7.8 ที่ตำแหน่งเปิดและปิด

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.4.9 เต้าเสียบที่เป็นอุปกรณ์ปลดวงจร

กรณีใช้เต้าเสียบบนสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ปลดวงจร ข้อเสนอแนะการติดตั้งต้องเป็นไปตามข้อ 1.7.2

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.4.10 บริษัทที่ต่อถึงกัน

กรณีที่กลุ่มของหน่วยมีสิ่งต่อแหล่งจ่ายแต่ละตัวต่อถึงกันในลักษณะที่เป็นไปได้ที่แรงดันไฟฟ้าอันตราย หรือระดับพลังงานอันตรายอาจส่งผ่านระหว่างหน่วย ต้องจัดให้มีอุปกรณ์ปลดวงจรเพื่อปลดส่วนอันตรายซึ่งจะต้องถึงในขณะซ่อมบำรุง นอกจากนี้ส่วนเหล่านี้ถูกป้องกันและทำเครื่องหมายฉลากเตือนที่เหมาะสม นอกจากนี้ ต้องมีฉลากที่เห็นได้ง่ายบนหน่วยแต่ละหน่วยที่ให้ข้อเสนอแนะที่เพียงพอสำหรับการปลดกำลังไฟฟ้าทั้งหมดออกจากหน่วย

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.4.11 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าหลายแหล่ง

ในกรณีที่หน่วยได้รับกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายมากกว่า 1 แหล่ง (เช่น แรงดันไฟฟ้าที่ต่างกันหรือความถี่ที่ต่างกัน หรือเป็นแหล่งจ่ายสำรอง) ต้องมีเครื่องหมายที่เห็นได้ง่ายที่อุปกรณ์ปลดวงจรแต่ละตัวซึ่งให้ข้อเสนอแนะที่เพียงพอสำหรับการปลดกำลังไฟฟ้าทั้งหมดออกจากหน่วย

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.5 การต่อระหว่างบริษัท

3.5.1 ข้อกำหนดทั่วไป

ในกรณีที่มีเจตนาให้บริษัทต่อทางไฟฟ้าเข้ากับบริษัทอื่น กับอุปกรณ์ประกอบ หรือกับโครงข่ายโทรคมนาคม ต้องเลือกวงจรการต่อเข้าด้วยกันให้มีความต่อเนื่องเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 2.2 สำหรับวงจร SELV และเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 2.3 สำหรับวงจร TNV หลังการต่อระหว่างบริษัท

หมายเหตุ 1. การเป็นไปตามข้อนี้ปกติได้จากการต่อวงจร SELV เข้ากับวงจร SELV และวงจร TNV เข้ากับวงจร TNV

หมายเหตุ 2. ยอมให้สำหรับเคเบิลต่อระหว่างหน่วยที่ประกอบด้วยวงจรมากกว่า 1 แบบ หากวงจรเหล่านั้นแยกออกตามมาตรฐานนี้ต้องการ (เช่น วงจร SELV วงจรจำกัดกระแส วงจร TNV วงจร ELV หรือวงจรไฟฟ้าอันตราย)

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.5.2 แบบของวงจรการต่อเข้าด้วยกัน

วงจรการต่อเข้าด้วยกันต้องเป็นแบบใดแบบหนึ่งดังต่อไปนี้

- วงจร SELV หรือวงจรจำกัดกระแส หรือ
- วงจร TNV-1 วงจร TNV-2 หรือวงจร TNV-3 หรือ
- วงจรแรงดันไฟฟ้าอันตราย

ยกเว้นที่ยอมให้ตามข้อ 3.5.3 วงจรการต่อเข้าด้วยกันต้องไม่เป็นวงจร ELV
การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.5.3 วงจร ELV ที่เป็นวงจรการต่อเข้าด้วยกัน

ในกรณีที่บริษัทเพิ่มเติมเป็นคู่ควบของบริษัทแม่ข่าย (เครื่องที่ 1) (ตัวอย่างเช่น เครื่องเรียงกระดาษสำหรับเครื่องถ่ายเอกสาร) ยอมให้ใช้วงจร ELV เป็นวงจรการต่อเข้าด้วยกันระหว่างบริษัท หากบริษัทยังคงเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานนี้เมื่อต่อเข้าด้วยกัน
การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

4. ข้อกำหนดทางฟิสิกส์

4.1 เสถียรภาพ

ภายใต้ภาวะการทำงานปกติ หน่วยและบริษัทต้องไม่เสียเสถียรภาพทางฟิสิกส์ถึงระดับที่เป็นอันตรายแก่ผู้ใช้เครื่องและผู้ซ่อมบำรุง

ในกรณีที่ออกแบบให้หลายหน่วยติดตั้งร่วมกันในสถานที่ใช้งานและไม่ใช้แต่ละหน่วยเป็นเอกเทศ ไม่ต้องพิจารณาเสถียรภาพของแต่ละหน่วยตามข้อกำหนดข้อ 4.1

ไม่ใช่ข้อกำหนดข้อ 4.1 เมื่อข้อแนะนำการติดตั้งสำหรับหน่วยระบุว่าต้องติดตั้งบริษัทเข้ากับโครงสร้างของอาคารก่อนการทำงาน

ภายใต้เงื่อนไขการใช้อย่างปลอดภัยของผู้ใช้เครื่อง วิธีการทำให้มีเสถียรภาพ (ถ้าต้องการ) ต้องทำงานอัตโนมัติ เมื่อเปิดลิ้นชัก ประตู ฯลฯ

ระหว่างปฏิบัติงานโดยผู้ซ่อมบำรุง วิธีการทำให้มีเสถียรภาพ (ถ้าต้องการ) ต้องทำงานอัตโนมัติหรือมีเครื่องหมายแนะนำให้ผู้ซ่อมบำรุงเข้าใจในขั้นตอนวิธีทำให้มีเสถียรภาพ

การตรวจสอบให้ทำโดยการทดสอบที่เกี่ยวข้องต่อไปนี้โดยแยกทดสอบแต่ละรายการ ในระหว่างการทดสอบ หน่วยบรรจุต้องบรรจุสิ่งของภายในความจุที่กำหนดเพื่อทำให้เกิดภาวะที่ไม่เอื้อต่อการทำงานมากที่สุด ลูกกลิ้งและแม่แรงทั้งหมดที่ใช้ในการทำงานปกติให้วางในตำแหน่งที่ให้ผลเร็วที่สุดโดยลูกกลิ้งหรือสิ่งของที่คล้ายกันไว้หรือปิดกั้นไม่ให้เคลื่อนที่ อย่างไรก็ตามถ้าเจตนาจะมีลูกกลิ้งไว้เพื่อการขนส่งหน่วยเท่านั้นและถ้ามีแม่แรงไว้เพื่อลดระดับหลังการติดตั้งตามข้อแนะนำของผู้ทำ ให้ใช้แม่แรง (ไม่ใช่ลูกกลิ้ง) ในการทดสอบนี้ โดยลดแม่แรงลงในตำแหน่งที่ให้ผลเร็วที่สุดพิจารณาจากการปรับระดับขึ้นลงที่สมเหตุสมผลของหน่วย

- หน่วยต้องไม่ล้มเมื่อเอียงเป็นมุม 10 องศา จากตำแหน่งตั้งตามปกติ ในระหว่างการทดสอบนี้ให้ปิดประตู ลิ้นชัก ฯลฯ
- หน่วยตั้งพื้นที่มีมวล 25 กิโลกรัม หรือมากกว่าต้องไม่ล้มเมื่อใช้แรงกระทำมีค่าเท่ากับร้อยละ 20 ของน้ำหนักของหน่วย แต่ไม่เกิน 250 นิวตัน ที่ความสูงไม่เกิน 2 เมตร จากพื้นในทิศทางใดๆ นอกเหนือจากทิศทางขึ้น ประตู ลิ้นชัก ฯลฯ ซึ่งอาจเคลื่อนที่ได้เพื่อการซ่อมบำรุงโดยผู้ใช้เครื่องหรือผู้ซ่อมบำรุง ต้องวางอยู่ในตำแหน่งที่ให้ผลเร็วที่สุดพิจารณาจากข้อแนะนำในการติดตั้ง
- หน่วยตั้งพื้นต้องไม่ล้มเมื่อใช้แรงกดคงที่ขนาด 800 นิวตัน กระทำที่จุดโมเมนต์สูงสุดบนพื้นผิวทำงานในแนวระดับใดๆ ที่มีขนาดกว้างอย่างน้อย 12.5 เซนติเมตร และยาวอย่างน้อย 20 เซนติเมตร ที่ความสูงจากพื้นไม่เกิน 1 เมตร ในระหว่างการทดสอบนี้ให้ปิดประตู ลิ้นชัก ฯลฯ ใช้แรง 800 นิวตัน โดยใช้เครื่องมือทดสอบที่เหมาะสมที่มีพื้นผิวเรียบขนาดความกว้างและความยาวประมาณ 12.5 เซนติเมตร และ 20 เซนติเมตร ใช้แรงกดลงผ่านเครื่องมือทดสอบที่มีด้านผิวเรียบอย่างสมบูรณ์สัมผัสกับบริษัทที่ทดสอบ เครื่องมือทดสอบไม่จำเป็นต้องสัมผัสเต็มกับผิวที่ไม่สม่ำเสมอ เช่น พื้นผิวที่เป็นลอน หรือโค้ง

4.2 ความแข็งแรงทางกล

4.2.1 ทัวไป

บริษัทต้องมีความแข็งแรงทางกลเพียงพอ และต้องสร้างให้ยังมีความปลอดภัยตามความหมายของมาตรฐานนี้เมื่อมีการขนย้ายที่อาจเกิดขึ้น

ตัวกันภายใน ที่กัน หรือสิ่งที่คล้ายกันที่เป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 4.6.2 ไม่ต้องทดสอบความแข็งแรงทางกลหากเปลือกหุ้มสามารถป้องกันทางกล

เปลือกหุ้มทางกลต้องมีความสมบูรณ์เพียงพอที่จะป้องกันส่วนซึ่งอาจหลุดหรือปลิวออกจากส่วนเคลื่อนที่ เนื่องจากความล้มเหลวหรือสาเหตุอื่น

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจสอบโครงสร้างและข้อมูลที่ได้ และถ้าจำเป็นให้ใช้การทดสอบที่เกี่ยวข้องเนื่องในข้อ 4.2.2 ถึงข้อ 4.2.7 ตามที่ระบุไว้

ไม่ต้องทดสอบที่จับ คันโยก ปุ่ม หรือหน้าจอหลอดรังสีแคโทด (ดูข้อ 4.2.8) หรือฝาครอบโปร่งใสหรือโปร่งแสงของอุปกรณ์ชี้บอกหรืออุปกรณ์วัด นอกจากถ้าถอดที่จับ คันโยก ปุ่ม หรือฝาครอบออกแล้วสามารถแตะต้องถึงส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายได้โดยใช้นิ้วทดสอบตามรูปที่ 2ก (ดูข้อ 2.1.1.1)

ระหว่างการทดสอบข้อ 4.2.2 ข้อ 4.2.3 และข้อ 4.2.4 เปลือกหุ้มที่เป็นตัวนำที่ต่อลงดินหรือไม่ต่อลงดินต้องไม่เชื่อมโยงส่วนที่มีระดับพลังงานอันตรายเข้าด้วยกัน และต้องไม่สัมผัสกับส่วนเปลือยที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตราย สำหรับแรงดันไฟฟ้าเกิน 1 000 โวลต์กระแสสลับ หรือ 1 500 โวลต์กระแสตรง ไม่ยอมให้มีการสัมผัสและต้องมีช่องว่างในอากาศระหว่างส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายกับเปลือกหุ้ม ช่องว่างในอากาศนี้ต้องมีระยะห่างต่ำสุดเท่ากับค่าต่ำสุดของระยะห่างในอากาศที่ระบุไว้ในข้อ 2.10.3 สำหรับฉนวนพื้นฐาน หรือทนต่อการทดสอบความทนทานไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องเนื่องในข้อ 5.2.2

ภายหลังการทดสอบข้อ 4.2.2 ถึงข้อ 4.2.7 ตัวอย่างยังต้องเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 2.1.1 ข้อ 2.6.1 ข้อ 2.10 ข้อ 3.2.6 และข้อ 4.4.1 ตัวอย่างต้องไม่แสดงผลกระทบต่อการทำงานด้านความปลอดภัย เช่น คัดเอาต์ความร้อน อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟเกินหรืออุปกรณ์อินเตอร์ล็อก ในกรณีที่มีข้อสงสัยให้นำฉนวนเพิ่มเติมหรือฉนวนเสริมไปทดสอบความทนทานไฟฟ้าตามที่ระบุในข้อ 5.2.2

ไม่ต้องคำนึงถึงความเสี่ยงที่ผิว รอยแตก รอยบวม และรอยบิ่น ถ้าไม่มีผลเสียต่อความปลอดภัย

หมายเหตุ ถ้าทดสอบโดยใช้เปลือกหุ้มหรือชิ้นส่วนของเปลือกหุ้มที่แยกออกมา อาจจำเป็นต้องประกอบชิ้นส่วนเหล่านั้นคืนเข้ากับบริษัท เพื่อตรวจสอบการเป็นไปตามข้อกำหนด

4.2.2 การทดสอบด้วยแรงคงที่ 10 นิวตัน

ส่วนประกอบ และชิ้นส่วน นอกเหนือจากส่วนที่ทำหน้าที่เป็นเปลือกหุ้ม (ดูข้อ 4.2.3 และข้อ 4.2.4) ต้องทดสอบด้วยแรงคงที่ 10 นิวตัน $\pm$ 1 นิวตัน เป็นเวลา 5 วินาที

การตรวจสอบให้ทำตามเงื่อนไขข้อ 4.2.1

4.2.3 การทดสอบด้วยแรงคงที่ 30 นิวตัน

ส่วนของเปลือกหุ้มที่อยู่ในพื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึงที่มีการป้องกันโดยฝาครอบหรือประตูที่เป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 4.2.4 ต้องทดสอบด้วยแรงคงที่ 30 นิวตัน $\pm$ 3 นิวตัน เป็นเวลา 5 วินาที โดยป้อนแรงผ่านนิ้วทดสอบแบบตรงไม่มีข้อตามรูปที่ 2ก (ดูข้อ 2.1.1.1) เข้ากับส่วนที่อยู่บนบริษัทหรือภายในบริษัท

การตรวจสอบให้ทำตามเงื่อนไขข้อ 4.2.1

4.2.4 การทดสอบด้วยแรงคงที่ 250 นิวตัน

เปลือกหุ้มภายนอกให้ทดสอบด้วยแรงคงที่ 250 นิวตัน $\pm$ 10 นิวตัน เป็นเวลา 5 วินาที โดยป้อนแรงให้กับด้านบน ด้านล่าง และด้านข้างของเปลือกหุ้มที่ติดอยู่กับบริษัท โดยใช้เครื่องมือทดสอบที่เหมาะสมที่มีหน้าสัมผัสบนระนาบกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตามไม่ทดสอบด้านล่างของเปลือกหุ้ม ถ้าบริษัทมีมวลมากกว่า 18 กิโลกรัม

การตรวจสอบให้ทำตามเงื่อนไขข้อ 4.2.1

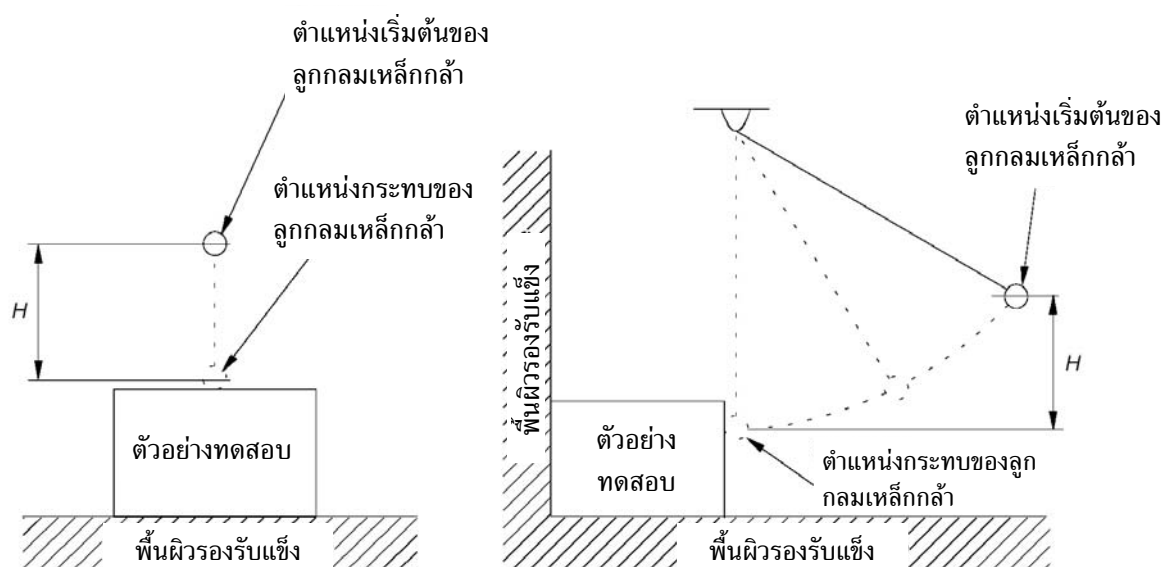
4.2.5 การทดสอบการตกกระทบ

นอกจากบริษัทที่จำแนกไว้ในข้อ 4.2.6 พื้นผิวภายนอกของเปลือกหุ้มที่หากเกิดความล้มเหลวแล้วทำให้เข้าถึงส่วนอันตรายได้ ให้ทดสอบดังต่อไปนี้

ตัวอย่างประกอบด้วยเปลือกหุ้มสมบูรณ์หรือส่วนของเปลือกหุ้มที่แทนพื้นที่ไม่เสริมแรงที่มากที่สุดถูกรองรับไว้ในตำแหน่งใช้งานปกติ ปลดปล่อยลูกกลมเหล็กกล้าตันผิวเรียบ เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 50 มิลลิเมตร มวลประมาณ 500 กรัม $\pm$ 25 กรัม ให้ตกอย่างอิสระจากจุดหยุดนิ่งลงมาตามแนวตั้งเป็นระยะทาง 1.3 เมตร (ดูรูปที่ 4ก) ลงบนตัวอย่าง (พื้นผิวในแนวตั้งได้รับการยกเว้นจากการทดสอบนี้) นอกจากนี้ ให้แขวนลูกกลมเหล็กกล้าด้วยเชือกถวดและแกว่งเหมือนลูกตุ้มนาฬิกาเพื่อให้แรงกระทบในแนวระดับ ปลดปล่อยมาจากระยะในแนวตั้ง 1.3 เมตร (ดูรูปที่ 4ก) ลงบนตัวอย่าง (พื้นผิวในแนวระดับไม่ต้องทดสอบรายการนี้) หรืออีกทางเลือกหนึ่ง ให้หมุนตัวอย่าง 90 องศาตามแนวแกนนอนแต่ละแกน และทิ้งลูกกลมเหล็กกล้าตามแนวแกนนอนแต่ละแกน เช่นเดียวกับการทดสอบตกกระทบในแนวตั้ง

ไม่ต้องทดสอบรายการนี้กับจอแสดงผลแบบแบน (flat panel display) หรือกระดานของ บริษัท (เช่นเครื่องถ่ายภาพเอกซเรย์)

การตรวจสอบให้ทำตามเงื่อนไขข้อ 4.2.1



รูปที่ 4ก การทดสอบการตกกระทบโดยใช้ลูกกลมเหล็กกล้า

4.2.6 การทดสอบการตกกระแทก

ต้องทดสอบการตกกระแทกบริษัทต่อไปนี

- บริษัทมือถือ
- บริษัทเสียบเข้าโดยตรง
- บริษัทขนย้ายได้
- บริษัทตั้งโต๊ะที่มีมวลไม่เกิน 5 กิโลกรัม ที่มีเจตนาใช้กับข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้
 - หูฟังโทรศัพท์แบบใช้สายต่อ หรือ
 - เครื่องอุปกรณ์มือถืออื่นที่มีหน้าที่ทางเสียงแบบใช้สายต่อ หรือ
 - ชุดสวมศีรษะ (headset)

ทดสอบการกระแทกที่เป็นผลจากการตกลงบนพื้นผิวในแนวระดับในตำแหน่งที่มักจะทำให้เกิดผลเสียมากที่สุดกับตัวอย่างของบริษัทที่สมบูรณ์ 3 ครั้ง

ความสูงของการตกต้องเท่ากับ

- 750 มิลลิเมตร $\pm$ 10 มิลลิเมตร สำหรับบริษัทตั้งโต๊ะตามที่กล่าวข้างต้น
- 1 000 มิลลิเมตร $\pm$ 10 มิลลิเมตร สำหรับบริษัทมือถือ บริษัทเสียบเข้าโดยตรง และบริษัทขนย้ายได้

พื้นผิวในแนวระดับประกอบด้วยไม้เนื้อแข็งที่มีความหนาน้อย 13 มิลลิเมตร ติดตั้งบนไม้อัด 2 ชั้น แต่ละชั้นหนา 19 มิลลิเมตร ถึง 20 มิลลิเมตร ทั้งหมดรองรับด้วยพื้นคอนกรีตหรือพื้นที่ไม่สะท้อนที่เทียบเท่ากัน

การตรวจสอบให้ทำตามเงื่อนไขข้อ 4.2.1

4.2.7 การทดสอบการปลดปล่อยความเค้น

เปลือกหุ้มที่เป็นวัสดุหล่อหรือเทอร์มอพลาสติกขึ้นรูปต้องสร้างในลักษณะที่การหดหรือการเสียรูปใดๆ ของวัสดุเนื่องจากการปลดปล่อยความเค้นภายในที่เกิดจากการหล่อหรือการขึ้นรูปต้องไม่เผยตัวให้เห็นส่วนอันตราย หรือลดระยะห่างตามผิวหรือระยะห่างในอากาศต่ำกว่าค่าต่ำสุดที่กำหนด

การตรวจสอบให้ทำโดยการทดสอบต่อไปนี้ หรือจากการตรวจสอบการสร้างและข้อมูลที่ได้ตามความเหมาะสม

ตัวอย่างประกอบด้วยบริษัทสมบูรณ์หรือเปลือกหุ้มสมบูรณ์พร้อมโครงร่างรองรับ วางในเตาอบหมุนเวียนอากาศ (ตาม IEC 60216-4-1) ที่อุณหภูมิ 10 เคลวินสูงกว่าอุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้บนเปลือกหุ้มในระหว่างการทดสอบของข้อ 4.5.1 แต่ต้องไม่น้อยกว่า 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง

ยอมให้เพิ่มระยะเวลาข้างต้นได้หากผู้ทำเห็นด้วย

บริษัทขนาดใหญ่ซึ่งไม่สามารถทดสอบเปลือกหุ้มสมบูรณ์ได้ ยอมให้ใช้ส่วนของบริษัทที่เป็นตัวแทนของบริษัทสมบูรณ์โดยคำนึงถึงความหนาและรูปร่างและรวมถึงส่วนรองรับทางกล

หมายเหตุ ความชื้นสัมพัทธ์ไม่จำเป็นต้องคงไว้ที่ค่าเฉพาะในระหว่างการทดสอบนี้

ถ้าทดสอบข้างต้น การตรวจสอบให้ทำตามเงื่อนไขข้อ 4.2.1

4.2.8 หลอดรังสีแคโทด

ถ้าในบริษัทที่มีหลอดรังสีแคโทดที่มีมิติหน้าจอเกิน 160 มิลลิเมตร รวมอยู่ด้วย หลอดรังสีแคโทดหรือบริษัทหรือทั้งสองต้องเป็นไปตามข้อกำหนดใน มอก.1195 รายการความแข็งแรงทางกล และการป้องกันผลของการยุบตัวทันที

อีกทางเลือกหนึ่ง ยอมให้หลอดรังสีแคโทดเป็นไปตาม มอก.2230

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ การวัด และหากจำเป็นตามการทดสอบที่เกี่ยวข้องใน มอก.1195

4.2.9 หลอดความดันสูง

เปลือกหุ้มทางกลของหลอดความดันสูงต้องมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะควบคุมการระเบิดของหลอด เพื่อลดโอกาสในการเกิดอันตรายกับผู้ใช้เครื่องหรือบุคคลที่อยู่ใกล้บริษัทในระหว่างการทำงานปกติ หรือการซ่อมบำรุงของผู้ใช้เครื่อง

สำหรับจุดประสงค์ของมาตรฐานนี้ คำว่า “หลอดความดันสูง” หมายถึง หลอดซึ่งมีความดันเกิน 0.2 เมกะพาสคัล ขณะเย็น หรือ 0.4 เมกะพาสคัล ขณะทำงาน

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

4.2.10 บริษัทติดตั้งหรือเพดาน

จุดที่ใช้ยึดบริษัทเข้ากับผนังหรือเพดานต้องมีความแข็งแรงเพียงพอ

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจสอบการสร้างและข้อมูลที่ทำได้ หรือถ้าจำเป็นโดยการทดสอบต่อไปนี้ ติดบริษัทอย่างเหมาะสมตามคำแนะนำของผู้ทำ ป้อนแรงเพิ่มจากน้ำหนักของบริษัทโดยถ่วงใน แนวที่ผ่านจุดศูนย์กลางทางเรขาคณิตของบริษัท 1 นาที แรงที่ป้อนต้องเท่ากับ 3 เท่าของน้ำหนัก บริษัทแต่ไม่น้อยกว่า 50 นิวตัน บริษัทและส่วนประกอบที่ใช้จับยึดต้องยังคงติดแน่นตลอดเวลาของการทดสอบ

4.3 การออกแบบและการสร้าง

4.3.1 ขอบและมุม

เมื่อขอบหรือมุมเหล่านี้อาจเป็นอันตรายต่อผู้ใช้เครื่องเนื่องจากตำแหน่งที่วางหรือการใช้งานใน บริษัท ต้องลบมุมหรือทำให้เรียบ

ข้อกำหนดนี้ไม่ใช้กับขอบหรือมุมที่จำเป็นสำหรับการทำงานของบริษัท

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

4.3.2 ที่จับและอุปกรณ์ควบคุมด้วยมือ

ที่จับ ปุ่ม ปากจับ คันโยก และสิ่งที่คล้ายกันต้องติดอย่างเชื่อถือได้ในลักษณะที่ไม่หลุดหลวมในการใช้งานปกติถ้าการหลุดหลวมนั้นอาจมีผลให้เกิดอันตราย ห้ามใช้สารประกอบพนักและสิ่งที่คล้ายกันนอกเหนือจากเรซินแข็งตัวได้เองเพื่อป้องกันการหลุดหลวม

ถ้าใช้ที่จับ ปุ่ม และสิ่งที่คล้ายกันเพื่อขับเคลื่อนตำแหน่งของสวิทช์หรือส่วนประกอบที่คล้ายกัน ต้องไม่สามารถติดสิ่งเหล่านี้ในตำแหน่งที่ผิดถ้าอาจมีผลให้เกิดอันตราย

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ การทดสอบด้วยมือ และการพยายามถอดที่จับ ปุ่ม ปากจับ หรือคันโยก โดยการใช้แรงในแนวแกนเป็นเวลา 1 นาที ดังต่อไปนี้

ถ้ารูปร่างของส่วนเหล่านี้อยู่ลักษณะที่แรงดึงในแนวแกนมักไม่เกิดขึ้นในการใช้งานปกติ แรงที่ใช้เท่ากับ

- 15 นิวตัน สำหรับอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของส่วนประกอบทางไฟฟ้า และ
- 20 นิวตัน ในกรณีอื่น

ถ้ารูปร่างอยู่ในลักษณะที่แรงดึงในแนวแกนมักเกิดขึ้น แรงที่ใช้เท่ากับ

- 30 นิวตัน สำหรับอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของส่วนประกอบทางไฟฟ้า และ
- 50 นิวตัน ในกรณีอื่น

4.3.3 อุปกรณ์ควบคุมปรับตั้งได้

บริษัทต้องสร้างในลักษณะที่การปรับตั้งด้วยมือของอุปกรณ์ควบคุม (เช่น อุปกรณ์สำหรับเลือกค่าแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ) ต้องใช้เครื่องมือ ถ้าการปรับตั้งอย่างไม่ถูกต้องหรือการปรับตั้งโดยบังเอิญอาจก่อให้เกิดอันตราย

หมายเหตุ ข้อกำหนดเกี่ยวกับการทำเครื่องหมายของการปรับตั้งแรงดันไฟฟ้าจ่าย กำหนดไว้ในข้อ 1.7.4

การตรวจสอบให้ทำโดยการทดสอบด้วยมือ

4.3.4 การติดแน่นส่วนต่างๆ

หมุดเกลียว แป้นเกลียว แหวนรอง สปริง หรือส่วนที่คล้ายกัน ต้องติดแน่นในลักษณะที่ทนความเค้นทางกล ที่เกิดขึ้นในการใช้งานตามปกติ ถ้าการหลุดหลวมจะก่อให้เกิดอันตราย หรือทำให้ระยะห่างในอากาศ หรือระยะห่างตามผิวฉนวนบนฉนวนเพิ่มเติมหรือฉนวนเสริมลดลงต่ำกว่าค่าที่ระบุในข้อ 2.10

หมายเหตุ 1. ข้อกำหนดเกี่ยวกับการยึดติดตัวนำ กำหนดไว้ในข้อ 3.1.9

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ การวัด และการทดสอบด้วยมือ

สำหรับจุดประสงค์ของการประเมินการเป็นไปตามข้อกำหนด

- ให้สมมุติว่าการยึดติดอิสระ 2 ตำแหน่ง ไม่หลุดหลวมพร้อมกัน และ
- ให้สมมุติว่าส่วนที่ยึดติดโดยใช้หมุดเกลียวหรือแป้นเกลียวมีแหวนรองล็อกเอง (self-locking washer) หรืออุปกรณ์ล็อกอื่น ไม่มีโอกาสหลุดหลวม

หมายเหตุ 2. แหวนรองแบบสปริงและสิ่งที่คล้ายกันสามารถให้การล็อกเป็นไปตามประสงค์

4.3.5 การต่อของเต้าเสียบและเต้ารับ

ภายในหน่วยหรือระบบของผู้ทำ เต้าเสียบและเต้ารับที่ใช้โดยผู้ใช้เครื่องหรือผู้ซ่อมบำรุงต้องไม่อยู่ในลักษณะที่ก่อให้เกิดอันตรายเนื่องจากการต่อผิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องไม่ใช่ตัวต่อที่เป็นไปตาม IEC 60083 หรือ IEC 60320 สำหรับวงจร SELV หรือวงจร TNV การกำหนดด้วยแผนภาพอธิบาย (keying) ตำแหน่ง หรือการแสดงเครื่องหมายที่ชัดเจน (ในกรณีของตัวต่อที่เข้าถึงได้เฉพาะผู้ซ่อมบำรุง) ถือว่าเป็นไปตามข้อกำหนดนี้

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

4.3.6 บริษัทเสียบเข้าโดยตรง

บริษัทเสียบเข้าโดยตรงต้องไม่ทำให้เกิดความเครียดเกินควรบนเต้ารับ ส่วนเต้าเสียบหลักต้องเป็นไปตาม มอก.166

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และถ้าจำเป็นให้ทดสอบดังนี้

เสียบริภัณฑ์ในลักษณะการใช้งานตามปกติเข้ากับเต้ารับยึดกับที่ตามโครงแบบที่ผู้ทำกำหนดซึ่งสามารถหมุนรอบแกนในแนวระดับที่ตัดกับเส้นศูนย์กลางของหน้าสัมผัสที่ระยะ 8 มิลลิเมตร หลังน้ำประสาของเต้ารับ โมเมนต์บิดเพิ่มเติมที่ต้องป้อนให้กับเต้ารับเพื่อรักษาให้น้ำประสาของเต้ารับอยู่ในระนาบตั้งต้องไม่เกิน 0.25 นิวตันเมตร

4.3.7 ตัวทำความร้อนในบริภัณฑ์ที่ต่อลงดิน

ตัวทำความร้อนในบริภัณฑ์ที่ต่อลงดินเพื่อความปลอดภัยต้องได้รับการป้องกันในลักษณะที่ภายใต้ภาวะผิดปกติลงดิน โดยไม่ให้เกิดอันตรายจากไฟไหม้เนื่องจากความร้อนสูงเกิน ถ้าในบริภัณฑ์ดังกล่าวมีอุปกรณ์รับรู้อุณหภูมิ ต้องติดตั้งอุปกรณ์รับรู้อุณหภูมิที่ตัวนำเฟสทั้งหมดที่ป้อนให้ตัวทำความร้อน

อุปกรณ์รับรู้อุณหภูมิต้องปลดตัวนำสายกลางด้วยในแต่ละกรณีดังต่อไปนี้

- ก) ในบริภัณฑ์ที่รับกำลังไฟฟ้าจากระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า IT
- ข) ในบริภัณฑ์เสียบได้ที่รับกำลังไฟฟ้าผ่านคู่เต้าต่อเครื่องใช้กลับขั้วได้ หรือเต้าเสียบกลับขั้วได้
- ค) ในบริภัณฑ์ที่รับกำลังไฟฟ้าจากเต้ารับที่ไม่กำหนดขั้ว

ในกรณี ข) และ ค) ยอมให้เป็นไปตามข้อกำหนดนี้โดยการต่อเทอร์มอสแตตในตัวนำหนึ่งเส้น และคัดเอาต์ความร้อนในตัวนำเส้นอื่น

ไม่กำหนดให้ต้องปลดตัวนำพร้อมกัน

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

4.3.8 แบตเตอรี่

หมายเหตุ 1. ข้อกำหนดสำหรับการทำเครื่องหมายหรือข้อแนะนำ กำหนดไว้ในข้อ 1.7.15

บริภัณฑ์ที่มีแบตเตอรี่ต้องออกแบบให้ลดความเสี่ยงของไฟไหม้ การระเบิด และการรั่วไหลของสารเคมีภายใต้ภาวะการทำงานตามปกติและหลังความผิดปกติในบริภัณฑ์ (ดูข้อ 1.4.14) รวมทั้งความผิดปกติในวงจรภายในของหน่วยบรรจุแบตเตอรี่ของบริภัณฑ์ สำหรับแบตเตอรี่ที่ผู้ใช้เปลี่ยนแทนได้การออกแบบต้องลดโอกาสการใส่กลับขั้วที่อาจก่อให้เกิดอันตรายได้

วงจรแบตเตอรี่ต้องออกแบบดังต่อไปนี้

- ลักษณะเฉพาะด้านออกของวงจรอัดประจุเข้ากันได้กับแบตเตอรี่ที่ประจุใหม่ได้ และ
- สำหรับแบตเตอรี่ที่ประจุใหม่ไม่ได้ ต้องป้องกันไม่ให้เกิดการปล่อยประจุเกินอัตราที่แนะนำของผู้ทำแบตเตอรี่และการอัดประจุโดยไม่เจตนา และ
- สำหรับแบตเตอรี่ที่ประจุใหม่ได้ ต้องป้องกันไม่ให้เกิดการอัดประจุและการปล่อยประจุเกินอัตราที่แนะนำของผู้ทำแบตเตอรี่และการอัดประจุกลับขั้ว

หมายเหตุ 2. การอัดประจุแบบกลับขั้วของแบตเตอรี่ที่ประจุใหม่ได้เกิดขึ้นเมื่อกลับขั้วของวงจรอัดประจุเพื่อช่วยการปล่อยประจุของแบตเตอรี่

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและโดยการประเมินจากข้อมูลอัตราการอัดประจุและการปล่อยประจุที่ผู้ทำบริภัณฑ์และผู้ทำแบตเตอรี่จัดไว้ให้

กรณีหาข้อมูลที่เหมาะสมไม่ได้ ให้ตรวจสอบโดยการทดสอบ อย่างไรก็ตามแบตเตอรี่ที่มีความปลอดภัยในตัวอยู่แล้วภายใต้ภาวะที่กำหนดให้ไม่ต้องทดสอบภายใต้ภาวะนั้น แบตเตอรี่ชั้นคุณภาพผู้บริโภค คาร์บอน-สังกะสีหรืออัลคาไลน์ประจุใหม่ไม่ได้ ถือว่าปลอดภัยภายใต้ภาวะลัดวงจรจึงไม่ต้องทดสอบการปล่อยประจุ และแบตเตอรี่ดังกล่าวไม่ต้องทดสอบการรั่วภายใต้ภาวะการเก็บ ต้องใช้แบตเตอรี่ใหม่ที่มีประจุใหม่ไม่ได้หรือแบตเตอรี่ประจุใหม่ได้ที่อัดประจุเต็มซึ่งจัดเตรียมให้หรือผู้ทำแนะนำให้ใช้กับผลิตภัณฑ์ในแต่ละการทดสอบต่อไปนี้

- การประเมินค่าการอัดประจุเกินของแบตเตอรี่ประจุใหม่ได้ อัดประจุแบตเตอรี่เป็นเวลา 7 ชั่วโมง ภายใต้ภาวะต่อไปนี้ตามลำดับ
 - ด้วยวงจรประจุแบตเตอรี่ที่ปรับตั้งให้เป็นอัตราการอัดประจุสูงสุด (ถ้าปรับตั้งได้) ตามด้วย
 - ความล้มเหลวเดียวของส่วนประกอบใด ๆ ที่มักเกิดขึ้นในวงจรอัดประจุ ซึ่งเกิดจากการอัดประจุเกินของแบตเตอรี่ และ
- การประเมินค่าการอัดประจุโดยไม่เจตนาของแบตเตอรี่ประจุใหม่ไม่ได้ อัดประจุแบตเตอรี่เป็นเวลา 7 ชั่วโมง ด้วยวงจรประจุแบตเตอรี่ที่มีความล้มเหลวเดียวของส่วนประกอบใด ๆ ซึ่งเกิดจากการอัดประจุโดยไม่เจตนา และ
- การประเมินค่าการอัดประจุกลับซ้ำของแบตเตอรี่ประจุใหม่ได้ อัดประจุแบตเตอรี่เป็นเวลา 7 ชั่วโมง ด้วยวงจรประจุแบตเตอรี่ที่มีความล้มเหลวเดียวของส่วนประกอบใด ๆ ซึ่งเกิดจากการอัดประจุกลับซ้ำของแบตเตอรี่ และ
- การประเมินค่าอัตราการปล่อยประจุเกินสำหรับแบตเตอรี่ใด ๆ ทดสอบการปล่อยประจุเร็วของแบตเตอรี่โดยการเปิดวงจรหรือการลัดวงจร ที่ส่วนประกอบจำกัดกระแสหรือจำกัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรโหลดของแบตเตอรี่ที่ทดสอบ

หมายเหตุ 3. การทดสอบบางหัวข้อที่ระบุไว้อาจเป็นอันตรายกับผู้ทดสอบ ควรมีมาตรการป้องกันบุคคลจากอันตรายทางเคมีหรือการระเบิดที่อาจเกิดขึ้น

การทดสอบเหล่านี้ต้องไม่ก่อให้เกิด

- การรั่วทางเคมีที่เกิดขึ้นจากการแตกกร้าว การแยก การปริ ของเปลือกแบตเตอรี่ ถ้าการรั่วนั้นมีผลเสียต่อการฉนวนตามที่กำหนด หรือ
- การระเบิดของแบตเตอรี่ ถ้าการระเบิดนั้นมีผลให้ผู้ใช้งานบาดเจ็บ หรือ
- การแพร่กระจายเปลวไฟหรือฟลักซ์โลหะหลอมละลายออกมานอกเปลือกหุ้มผลิตภัณฑ์

ภายหลังการทดสอบ ให้นำผลิตภัณฑ์ไปทดสอบความทนทานไฟฟ้าตามข้อ 5.3.8.2

4.3.9 น้ำมันและจาระบี

ในที่ซึ่งสายภายใน ขดลวด คอมมิวเตเตอร์ แหวนลื่นและสิ่งที่คล้ายกัน และฉนวนทั่วไป เผยตัวต่อน้ำมัน จาระบีหรือสิ่งที่คล้ายกัน ฉนวนต้องมีสมบัติต้านทานการเสื่อมสภาพเพียงพอภายใต้ภาวะเหล่านี้ การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และโดยการประเมินจากข้อมูลของวัสดุฉนวน

4.3.10 ฝุ่น ผง ของเหลว และก๊าซ

ผลิตภัณฑ์ที่ทำให้เกิดฝุ่น (เช่น ฝุ่นกระดาษ) หรือที่ใช้ผง ของเหลว หรือก๊าซ ต้องสร้างในลักษณะที่ไม่ก่อให้เกิดความเข้มข้นที่เป็นอันตรายจากวัสดุเหล่านี้ และไม่มีอันตรายตามความหมายของมาตรฐานนี้

ที่เกิดขึ้นจากการควบแน่น ระเหย รั่วไหล หกรด หรือกัดกร่อน ในระหว่างการทำงานปกติ การเก็บรักษา การเติม หรือทำให้ว่างเปล่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งระยะห่างตามผิวฉนวนและระยะห่างในอากาศ ต้องไม่ลดลงต่ำกว่าข้อกำหนดข้อ 2.10

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ การวัด และโดยการทดสอบต่อไปนี้ในกรณีที่มีการหกรดของของเหลวอาจมีผลกระทบต่อฉนวนไฟฟ้าในระหว่างการเติม และโดยการทดสอบข้อ 4.3.12 สำหรับของเหลวที่เกิดเปลวไฟได้

บริษัทต้องพร้อมใช้งานตามข้อแนะนำการติดตั้ง แต่ไม่ป้อนพลังงานไฟฟ้า

บรรจุภาชนะบรรจุของเหลวของบริษัทให้เต็มด้วยของเหลวที่ระบุโดยผู้ทำ และเติมเพิ่มอีกร้อยละ 15 ของความจุของภาชนะบรรจุอย่างสม่ำเสมอเป็นเวลา 1 นาที สำหรับภาชนะบรรจุที่มีความจุไม่เกิน 250 มิลลิลิตร และสำหรับภาชนะบรรจุที่ไม่มีที่ระบายของเหลวซึ่งไม่สามารถมองเห็นการบรรจุกจากภายนอก ให้เพิ่มปริมาณของเหลวเท่ากับ ความจุของภาชนะบรรจุอย่างสม่ำเสมอเป็นเวลา 1 นาที ทันทีภายหลังการกระทำดังกล่าวให้ทดสอบความทนทานไฟฟ้าของฉนวนใด ๆ ของบริษัทตามที่ระบุในข้อ 5.2.2 และการตรวจสอบต้องแสดงว่าของเหลวไม่ก่อให้เกิดอันตรายตามความหมายของมาตรฐานนี้

ยอมให้ปล่อยบริษัทไว้ในบรรยากาศของห้องทดสอบปกติเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทดสอบทางไฟฟ้าอื่น ๆ ต่อไป

4.3.11 ภาชนะบรรจุของเหลวหรือก๊าซ

บริษัทซึ่งในการใช้งานตามปกติบรรจุของเหลว ต้องมีการรักษาความปลอดภัยที่เพียงพอต่อความเสี่ยงของความดันเกินที่อาจเกิดขึ้น

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และถ้าจำเป็นโดยการทดสอบที่เหมาะสม

4.3.12 ของเหลวที่เกิดเปลวไฟได้

ถ้าใช้ของเหลวที่เกิดเปลวไฟได้ในบริษัท ต้องเก็บของเหลวนั้นในภาชนะบรรจุที่ปิด ยกเว้นสำหรับปริมาณที่เพียงพอสำหรับการทำงานของ บริษัท ปริมาณสูงสุดของของเหลวที่เกิดเปลวไฟได้ที่เก็บไว้ในบริษัทโดยทั่วไป ต้องไม่เกิน 5 ลิตร อย่างไรก็ตามถ้าการใช้ของเหลวอยู่ในลักษณะที่ต้องใช้มากกว่า 5 ลิตรใน 8 ชั่วโมง ยอมให้เพิ่มปริมาณขึ้นเป็นปริมาณที่ต้องการใช้ใน 8 ชั่วโมง

น้ำมันหรือของเหลวที่เทียบเท่ากันที่ใช้สำหรับการหล่อลื่นหรือในระบบไฮดรอลิก ต้องมีจุดวาบไฟไม่ต่ำกว่า 149 องศาเซลเซียส และถึงเก็บต้องเป็นแบบฉนวน ระบบต้องมีการเตรียมการเกี่ยวกับการขยายตัวของของเหลวและต้องมีอุปกรณ์คลายความดัน ไม่ใช่ข้อกำหนดนี้กับน้ำมันหล่อลื่นซึ่งใช้ที่จุดที่มีความฝืดในปริมาณที่น้อยจนไม่ต้องนำมาพิจารณาเป็นเชื้อเพลิงให้แกไฟ

ยกเว้นภาชนะที่ระบุไว้ต่อไปนี้ ของเหลวที่เติมได้ เช่น หมึกพิมพ์ ต้องมีจุดวาบไฟ 60 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า และต้องไม่อยู่ภายใต้ความดันที่เพียงพอที่จะทำให้เกิดเป็นละออง (atomization)

ยอมให้ใช้ของเหลวที่เกิดเปลวไฟได้ที่ใช้เติมซึ่งมีจุดวาบไฟต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส หรือที่อยู่ภายใต้ความดันที่เพียงพอที่จะทำให้เกิดเป็นละออง หากการตรวจสอบแสดงให้เห็นว่าของเหลวจะไม่พ่นหรือสร้างส่วนผสมของอากาศกับไอระเหยที่เกิดเปลวไฟได้ซึ่งทำให้เกิดการระเบิดหรืออันตรายจากไฟ ภายใต้อาการการทำงานปกติ บริษัทที่ใช้ของเหลวที่เกิดเปลวไฟได้ต้องไม่เกิดส่วนผสมที่มีความเข้มข้น

เกินหนึ่งในสี่ของขีดจำกัดการระเบิด ถ้าส่วนผสมอยู่ใกล้แหล่งกำเนิดประกายไฟ หรือส่วนผสมที่มีความเข้มข้นเกินครึ่งของขีดจำกัดการระเบิด ถ้าส่วนผสมอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดประกายไฟต้องคำนึงถึงความสมบูรณ์ของระบบจัดการของเหลวด้วย ระบบจัดการของเหลวต้องหุ้มหรือสร้างอย่างเหมาะสมเพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงของไฟหรือการระเบิดเมื่ออยู่ภายใต้ภาวะทดสอบที่ระบุไว้ในข้อ 4.2.5

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และถ้าจำเป็นโดยการทดสอบต่อไปนี้

ให้บริษัททำงานตามข้อ 4.5.1 จนกระทั่งถึงอุณหภูมิเสถียร ในภาวะนี้ให้บริษัททำงานในลักษณะปกติตามที่ระบุไว้ในข้อแนะนำการใช้งาน แล้วเก็บตัวอย่างบรรยากาศในบริเวณส่วนประกอบทางไฟฟ้าและรอบ ๆ บริษัทเพื่อหาความเข้มข้นของไอระเหยที่เกิดเปลวไฟได้

ตัวอย่างของบรรยากาศที่เก็บให้เก็บที่ช่วงเวลาห่างกัน 4 นาที : เก็บตัวอย่าง 4 ตัวอย่างในระหว่างการทำงานปกติ และเก็บอีก 7 ตัวอย่างหลังบริษัทหยุดการทำงาน

ถ้าหลังบริษัทหยุดการทำงาน ความเข้มข้นของไอระเหยที่เกิดเปลวไฟได้มีมากขึ้น ให้เก็บตัวอย่างต่อไปอีกที่ช่วงเวลาห่างกัน 4 นาที จนกระทั่งความเข้มข้นลดลง

ถ้าการทำงานผิดปกติของบริษัทเกิดขึ้นได้หากพัฒลมตัวใดตัวหนึ่งไม่หมุน ให้จำลองภาวะนี้ในระหว่างการทดสอบการเป็นไปตามข้อกำหนดนี้

4.3.13 การแผ่รังสี

4.3.13.1 ทั่วไป

ต้องออกแบบบริษัทให้ลดความเสี่ยงจากผลกระทบที่เป็นอันตรายจากการแผ่รังสีมายังบุคคลและรวมถึงความเสียหายต่อวัสดุที่มีผลด้านความปลอดภัย

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและตามรายละเอียดในข้อ 4.3.13.2 ข้อ 4.3.13.3 ข้อ 4.3.13.4 ข้อ 4.3.13.5 และข้อ 4.3.13.6 ตามความเหมาะสม

4.3.13.2 การแผ่พลังงานสร้างไอออน

สำหรับบริษัทที่มีการการแผ่พลังงานสร้างไอออน การตรวจสอบให้ทำโดยการทดสอบตามภาคผนวก ช.

4.3.13.3 ผลกระทบของการแผ่รังสีอัลตราไวโอเลต (UV) ต่อวัสดุ

ข้อกำหนดต่อไปนี้ใช้สำหรับบริษัทที่ประกอบด้วยหลอดไฟซึ่งแผ่รังสี UV เป็นจำนวนมาก ซึ่งการแผ่รังสีส่วนใหญ่อยู่ในช่วงความยาวคลื่น 180 นาโนเมตร ถึง 400 นาโนเมตร ตามที่ผู้ทำหลอดไฟระบุไว้

หมายเหตุ หลอดไฟฟ้า และหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ใช้กับวัตถุประสงค์ทั่วไปซึ่งมีหลอดแก้วหุ้ม ถือว่าไม่มีการแผ่รังสี UV เป็นจำนวนมาก

ชิ้นส่วนที่ไม่ใช่โลหะ (ตัวอย่างเช่น เปลือกหุ้มที่ไม่ใช่โลหะ และวัสดุภายในรวมถึงฉนวนสายไฟฟ้าและเคเบิล) ซึ่งได้รับการแผ่รังสี UV จากหลอดไฟในบริษัท ต้องมีความทนทานเพียงพอต่อระดับรังสี UV โดยไม่มีผลกระทบด้านความปลอดภัย

ตารางที่ 4ก ขีดจำกัดการคงสภาพสมบัติต่ำสุดภายหลังได้รับรังสี UV
(ข้อ 4.3.13.3)

ชิ้นส่วนที่ทดสอบ	สมบัติ	มาตรฐาน สำหรับใช้ทดสอบ	การคงสภาพต่ำสุด ภายหลังการทดสอบ
ชิ้นส่วนที่เตรียม สำหรับรับแรงทางกล	ความทนการดึง ¹⁾ หรือ ความทนการโค้งงอ ^{1) 2)}	ISO 527	ร้อยละ 70
		ISO 178	ร้อยละ 70
ชิ้นส่วนที่เตรียม สำหรับต้านทานการ กระแทก	การกระแทกชาร์ปี ³⁾ หรือ การกระแทกอิซอด ³⁾ หรือ การกระแทกเทนไซล์ ³⁾	ISO 179	ร้อยละ 70
		ISO 180	ร้อยละ 70
		ISO 8256	ร้อยละ 70
ชิ้นส่วนทั้งหมด	การแบ่งแยกสมบัติการเกิด เปลวไฟได้	ดูข้อ 1.2.12 และ ภาคผนวก ก.	ดู ⁴⁾

1) ความทนการดึงและความทนการโค้งงอ ทดสอบโดยการปฏิบัติกับตัวอย่างที่ไม่หนากว่าความหนาที่ใช้งานจริง

2) ด้านของตัวอย่างที่รับการแผ่รังสี UV ต้องสัมผัสกับหลอดสองจุดเมื่อใช้วิธีหลอดสามจุด

3) การทดสอบกับตัวอย่างที่มีความหนา 3 mm ด้วยการกระแทกอิซอด (izod impact) และการกระแทกเทนไซล์ (tensile impact) และการทดสอบกับตัวอย่างที่มีความหนา 4 mm ด้วยการทดสอบการกระแทกชาร์ปี (charpy impact) สามารถพิจารณาให้เป็นตัวแทนของความหนาอื่นๆ ต่ำลงถึง 0.8 mm

4) การแบ่งแยกสมบัติการเกิดเปลวไฟได้บางครั้งอาจมีการเปลี่ยนแปลงแต่ต้องไม่ต่ำกว่าที่กำหนดไว้ในข้อ 4.

การตรวจสอบให้ทำโดยการพิจารณาโครงสร้างและข้อมูลที่น่าเชื่อถือเท่าที่จะหาได้ของลักษณะเฉพาะความต้านทาน UV ของชิ้นส่วนที่รับการแผ่รังสี UV ในบริภัณฑ์ ถ้าหาข้อมูลไม่ได้ให้ทดสอบชิ้นส่วนตามตารางที่ 4ก

ตัวอย่างที่นำมาจากชิ้นส่วน หรือที่ประกอบด้วยวัสดุที่เหมือนกันที่ไ้เตรียมตามมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบแล้วนำไปปรับสภาวะตามภาคผนวก ป. หลังจากปรับสภาวะ ตัวอย่างต้องไม่แสดงอาการเสื่อมสภาพ แตกราน หรือแตกร้าว ต่อจากนั้นนำตัวอย่างทั้งหมดไปไว้ในสภาวะอุณหภูมิห้องไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง และไม่เกิน 96 ชั่วโมง หลังจากนั้นให้ทดสอบตามมาตรฐานสำหรับวิธีทดสอบที่เกี่ยวข้อง

เพื่อประเมินร้อยละของการคงสภาพสมบัติการแผ่รังสีภายหลังการทดสอบ ให้ทดสอบตัวอย่างที่ไม่ผ่านการปรับสภาวะตามภาคผนวก ป. ในเวลาเดียวกันกับตัวอย่างที่ผ่านการปรับสภาวะ การคงสภาพต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 4 ข

4.3.13.4 การเผยแพร่กายมนุษย์ต่อการแผ่รังสี UV

ข้อกำหนดต่อไปนี้นำมาใช้สำหรับบริภัณฑ์ที่ประกอบด้วยหลอดไฟซึ่งแผ่รังสี UV เป็นจำนวนมาก ซึ่งการแผ่รังสีส่วนใหญ่อยู่ในช่วงความยาวคลื่น 180 นาโนเมตร ถึง 400 นาโนเมตร ตามที่ผู้ทำหลอดไฟระบุไว้

หมายเหตุ 1. หลอดไฟฟ้า และหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ใช้กับวัตถุประสงค์ทั่วไปซึ่งมีหลอดแก้วหุ้ม ถือว่าไม่มี
การแผ่รังสี UV เป็นจำนวนมาก

บริภัณฑ์ต้องไม่แผ่รังสี UV มากเกินไป

การแผ่รังสี UV ต้องเป็นไปตามข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้

- ถูกบรรจุอย่างเหมาะสมในเปลือกหุ้มของหลอด UV หรือเปลือกหุ้มของบริภัณฑ์ หรือ
- ไม่เกินขีดจำกัดที่เกี่ยวข้องตามที่ให้ไว้ใน IEC 60825-9

ระหว่างการทำงานตามปกติ ขีดจำกัดที่เกี่ยวข้องนี้สำหรับการแผ่รังสีเป็นเวลา 8 ชั่วโมง

ยอมให้ใช้ขีดจำกัดที่สูงกว่าได้ในช่วงเวลาที่จำกัดสำหรับการซ่อมบำรุงและการทำความสะอาด หากจำเป็นต้องเปิดหลอด UV ระหว่างการดำเนินงานเหล่านี้ ขีดจำกัดที่เกี่ยวข้องคือระยะเวลาที่คาดว่าจะใช้สำหรับการทำงานเหล่านี้ต้องระบุไว้ในข้อแนะนำสำหรับผู้ใช้และข้อแนะนำการซ่อมบำรุง ประตูด้านหน้าของผู้ใช้และฝาปิดทั้งหมด ซึ่งหากมีการเปิดแล้วจะทำให้มีการแผ่รังสีที่สูงขึ้นกว่าที่ยอมให้ตามข้างต้นต้องทำเครื่องหมายอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ (ดูข้อ 1.7.14)

- “คำเตือน : ปิดหลอด UV ก่อนเปิดประตู” หรือเทียบเท่า หรือ

- สัญลักษณ์  หรือเทียบเท่า

เครื่องหมายด้านบนไม่จำเป็นสำหรับประตูหรือฝาปิดที่มีสวิตช์อินเตอร์ล็อกนิรภัย (ดูข้อ 2.8) ซึ่งตัดกำลังไฟฟ้าออกจากหลอด UV เมื่อเปิดประตูหรือฝาปิดออก หรือมีกลไกอื่นๆ ซึ่งป้องกันการแผ่รังสี UV

ถ้าใช้สัญลักษณ์การแผ่รังสี UV บนบริภัณฑ์ ทั้งสัญลักษณ์และคำเตือนที่คล้ายกับเครื่องหมายข้างต้น ต้องปรากฏอยู่ด้วยกันทั้งในข้อแนะนำสำหรับผู้ใช้และข้อแนะนำการซ่อมบำรุง

ถ้าการแพร่กระจายสูงกว่าที่ยอมให้ข้างต้นในพื้นที่ซึ่งผู้ซ่อมบำรุงเข้าถึง และบริภัณฑ์จำเป็นต้องได้รับพลังงานไฟฟ้าระหว่างการซ่อมบำรุง บริภัณฑ์ต้องแสดงเครื่องหมายอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

- “คำเตือน : ใช้อุปกรณ์ป้องกันผิวและตาจากการแผ่รังสี UV ในระหว่างการซ่อมบำรุง” หรือเทียบเท่า หรือ

- สัญลักษณ์  หรือเทียบเท่า

การแสดงเครื่องหมายต้องแสดงอยู่ในที่อ่านได้ชัดเจนระหว่างการซ่อมบำรุง (ดูข้อ 1.7.14)

ถ้าใช้สัญลักษณ์การแผ่รังสี UV บนบริภัณฑ์ ทั้งสัญลักษณ์และคำเตือนซึ่งคล้ายคลึงกับเครื่องหมายข้างต้นต้องปรากฏอยู่ในข้อแนะนำการซ่อมบำรุงด้วย

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และถ้าจำเป็นโดยการวัด

การแผ่รังสี UV วัดโดยใช้เครื่องสแกนสเปกโตรกราฟ (scanning spectrograph) หรือตัวตรวจหาเฉพาะที่มีการตอบรับการแยกสเปกตรัม (spectral) ที่เทียบเท่ากับการแยกสเปกตรัมที่มีประสิทธิภาพของช่วง UV

การแผ่รังสีต่อการแผ่รังสี UV และผลจากการฉายแสงระหว่างการทำงานปกติต้องไม่เกินขีดจำกัดที่ให้ไว้ใน IEC 60825-9 สำหรับการแผ่รังสีเป็นเวลา 8 ชั่วโมง

การแผ่รังสีต่อการแผ่รังสี UV และผลจากการฉายแสงระหว่างการซ่อมบำรุงและการทำความสะอาดต้องไม่เกินขีดจำกัดใน IEC 60825-9 และสมนัยกับเวลาแผ่รังสีสำหรับภาวะการทำงานที่ระบุไว้ในคำแนะนำ ค่าสูงสุดของการแผ่รังสีที่ยอมคือสำหรับการแผ่รังสีเป็นเวลา 30 นาที

หมายเหตุ 2. ยอมให้การแผ่รังสีเพิ่มขึ้นเพราะช่วงเวลาการแผ่รังสีลดลง

ประตูทางเข้าของผู้ใช้ทั้งหมดและฝาปิด และชิ้นส่วน เช่น เลนส์ เครื่องกรองและที่คล้ายกันซึ่งถ้าเปิดหรือถอดออกไปแล้วมีผลทำให้การแผ่รังสี UV เพิ่มขึ้น ต้องเปิดหรือถอดขณะที่มีการวัดเสมอ นอกจากนี้การใช้สวิตช์อินเตอร์ล็อกกันภัยตัดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้หลอด UV หรือกลไกอื่นๆ ซึ่งป้องกันการแผ่รังสี UV

หมายเหตุ 3. สำหรับคำแนะนำเทคนิคการวัด ดูใน CIE Publication 63

4.3.13.5 เลเซอร์ (รวมถึงไดโอดเปล่งแสง)

บริษัทต้องแบ่งประเภทและติดฉลากตาม IEC 60825-1 และ IEC 60825-2 นอกจากดังต่อไปนี้

บริษัทเลเซอร์ประเภท I ได้แก่บริษัทที่ไม่มีเลเซอร์หรือไดโอดเปล่งแสงประเภทที่สูงกว่า ไม่จำเป็นต้องมีฉลากเตือนเรื่องเลเซอร์หรือคำเตือนเรื่องเลเซอร์อื่นๆ (ดูข้อ 1.1 ใน IEC 60825-1) ข้อมูลสำหรับเลเซอร์หรือส่วนประกอบไดโอดเปล่งแสง ต้องยืนยันว่าส่วนประกอบเหล่านี้สอดคล้องกับขีดจำกัดการแพร่กระจายที่ยอมให้เข้าถึงได้ (accessibility emission limit) สำหรับประเภท I เมื่อวัดตาม IEC 60825-1 จึงยกเว้นการแบ่งประเภทและติดฉลากตามข้างบน ข้อมูลอาจจัดหาได้จากผู้ทำส่วนประกอบ (ดูข้อ 1.4.15) และสามารถเกี่ยวข้องกับส่วนประกอบเพียงอย่างเดียวหรือส่วนประกอบที่ใช้ภายในบริษัท เลเซอร์หรือไดโอดเปล่งแสงต้องสร้างการแผ่รังสีเฉพาะในช่วงความยาวคลื่นที่ 180 นาโนเมตร ถึง 1 มิลลิเมตร เท่านั้น

หมายเหตุ ตัวอย่างบางส่วนของ การนำไดโอดเปล่งแสงไปใช้ซึ่งปกติเป็นไปตามความข้อกำหนด ได้แก่การนำไปใช้เป็น

- แสงชี้บอก
- อุปกรณ์อินฟราเรด ดังเช่นที่ใช้เป็นอุปกรณ์บันทึกภายในบ้าน
- อุปกรณ์อินฟราเรดสำหรับการส่งผ่านข้อมูล ดังเช่นที่ใช้ในระหว่างคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ประกอบภายนอกของคอมพิวเตอร์
- ตัวคู่ต่อทางแสง และ
- อุปกรณ์ที่มีกำลังไฟฟ้าต่ำอื่นๆ ที่คล้ายกัน

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ โดยการประเมินข้อมูลที่จัดเตรียมโดยผู้ทำ และหากจำเป็นให้ทดสอบตาม IEC 60825-1

4.3.13.6 ประเภทอื่น

สำหรับการแผ่รังสีประเภทอื่น การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

4.4 การป้องกันส่วนเคลื่อนที่ที่ทำให้เกิดอันตราย

4.4.1 ทั่วไป

ส่วนเคลื่อนที่ที่ทำให้เกิดอันตรายของบริษัทซึ่งส่วนเคลื่อนที่นั้นมีแนวโน้มที่อาจทำให้เกิดการบาดเจ็บได้ต้องจัด ปิดหุ้ม หรือกั้นในลักษณะที่มีการป้องกันความเสี่ยงของการบาดเจ็บอย่างเพียงพอ ต้องไม่นำคัตเตอร์ความร้อนตั้งใหม่อัตโนมัติหรืออุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน อุปกรณ์เริ่มเดินเครื่องอัตโนมัติ ฯลฯ มาใช้ ถ้าการตั้งใหม่ที่ไม่คาดคิดของอุปกรณ์อาจก่อให้เกิดอันตราย

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและตามรายละเอียดในข้อ 4.4.2 ข้อ 4.4.3 และข้อ 4.4.4

4.4.2 การป้องกันในพื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึง

ในพื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึง ต้องมีการป้องกันโดยสิ่งก่อสร้างขึ้นที่เหมาะสมเพื่อลดความเป็นไปได้ของการเข้าถึงส่วนเคลื่อนที่อันตราย หรือโดยการวางส่วนเคลื่อนที่ในเปลือกหุ้มซึ่งมีอินเตอร์ล็อกนิรภัยทางกลหรือทางไฟฟ้าซึ่งไม่เกิดอันตรายเมื่อเข้าถึง

หากไม่สามารถปฏิบัติตามข้อกำหนดข้างต้นได้ทั้งหมดและยังจำเป็นต้องให้บริษัททำงาน ยอมให้เข้าถึงได้หาก

- ส่วนเคลื่อนที่อันตรายเกี่ยวเนื่องโดยตรงในกระบวนการ (เช่น ส่วนเคลื่อนที่ของเครื่องตัดกระดาษ) และ
- อันตรายเกิดจากชิ้นส่วนที่ผู้ใช้เครื่องเห็นได้ชัดเจน และ
- มีมาตรการเพิ่มเติมดังต่อไปนี้
 - มีคำเตือนในข้อแนะนำการใช้งานและมีเครื่องหมายติดอยู่บนบริษัท ซึ่งประกอบด้วยข้อความต่อไปนี้หรือที่คล้ายกัน

คำเตือน
ส่วนเคลื่อนที่อันตราย
ห้ามเข้าใกล้

- ในกรณีที่นิ้วมือ เครื่องประดับ เสื้อผ้า ฯลฯ อาจถูกดึงเข้าไปในส่วนเคลื่อนที่ ต้องมีวิธีให้ผู้ใช้เครื่องหยุดส่วนเคลื่อนที่ได้

คำเตือนข้างต้นและวิธีที่เตรียมไว้สำหรับหยุดส่วนเคลื่อนที่ ต้องอยู่ในตำแหน่งที่เด่นชัด เห็นได้ง่าย และเข้าถึงได้จากจุดที่มีความเสี่ยงจากการบาดเจ็บสูงสุด

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และในกรณีที่จำเป็นโดยการทดสอบด้วยนิ้วทดสอบตามรูปที่ 2ก (ดูข้อ 2.1.1.1) หลังจากเอาส่วนที่ผู้ใช้เครื่องถอดได้ออก และเปิดประตูและฝาปิดที่ผู้ใช้เครื่องเข้าถึงเอาไว้

ถ้าไม่ทำตามมาตรการข้างต้น นิ้วทดสอบซึ่งกดด้วยแรงไม่มากนักต้องสัมผัสส่วนเคลื่อนที่ที่ทำให้เกิดอันตรายในทุกๆ ตำแหน่งที่เป็นไปได้

ช่องเปิดที่ป้องกันการเข้าไปของนิ้วทดสอบตามรูปที่ 2ก (ดูข้อ 2.1.1.1) ให้ทดสอบเพิ่มเติมโดยใช้ นิ้วทดสอบไม่มีข้อรูปร่างตรง กดด้วยแรง 30 นิวตัน ถ้านิ้วทดสอบไม่มีข้อเข้าไปได้ ให้ทดสอบซ้ำด้วย นิ้วทดสอบตามรูปที่ 2ก เว้นแต่ให้ดันนิ้วทดสอบเข้าไปในช่องเปิดโดยใช้แรงไม่เกิน 30 นิวตัน

4.4.3 การป้องกันในที่ตั้งที่เข้มงวดในการเข้าถึง

สำหรับบริษัทที่ติดตั้งในที่ตั้งที่เข้มงวดในการเข้าถึง ให้ใช้ข้อกำหนดและเกณฑ์การเป็นไปตามข้อกำหนดในข้อ 4.4.2 สำหรับพื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึง

4.4.4 การป้องกันในพื้นที่ซึ่งผู้ซ่อมบำรุงเข้าถึง

ในพื้นที่ซึ่งผู้ซ่อมบำรุงเข้าถึง ต้องมีการป้องกันการสัมผัสโดยบังเอิญกับส่วนเคลื่อนที่ที่ทำให้เกิดอันตรายในระหว่างการซ่อมบำรุงส่วนที่เกี่ยวข้องอื่นของบริษัท

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

4.5 ข้อกำหนดทางความร้อน

ข้อกำหนดข้อ 4.5 มีเจตนาเพื่อป้องกัน

- ส่วนที่แตกต่งจากอุณหภูมิสูงเกิน และ
- ส่วนประกอบ ชิ้นส่วน ฉนวน และวัสดุพลาสติก จากอุณหภูมิสูงเกินซึ่งอาจทำให้สมบัติทางไฟฟ้าและทางกลเลวลง หรือสมบัติอื่นๆ ในระหว่างการใช้งานปกติของผลิตภัณฑ์ตามที่กำหนด

ต้องพิจารณาบนข้อเท็จจริงว่าการทำงานเป็นระยะเวลานาน สมบัติทางไฟฟ้าและทางกลของวัสดุฉนวนอาจเลวลงได้ (เช่น การระเหยของสารที่ทำให้อ่อนตัว (softener) ที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอ่อนตัวปกติของวัสดุ) ดูข้อ 2.9.1

4.5.1 อุณหภูมิสูงสุด

ต้องเลือกวัสดุที่ใช้ในส่วนประกอบและโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ที่มีอุณหภูมิขณะใช้งานภายใต้โหลดปกติไม่เกินกว่าค่าความปลอดภัยในความหมายของมาตรฐานนี้

ส่วนประกอบที่ทำงานที่อุณหภูมิสูงต้องมีการหุ้มอย่างดีหรือแยกอิสระเพื่อหลีกเลี่ยงอุณหภูมิสูงเกินที่จะเกิดกับวัสดุและส่วนประกอบที่อยู่ใกล้กัน

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจสอบจากข้อมูลของวัสดุ และโดยการหาและบันทึกอุณหภูมิตามข้อ 1.4.12 และข้อ 1.4.13

เมื่อพิจารณาข้อกำหนดข้อ 1.4.5 ให้ถือว่าบริษัทหรือชิ้นส่วนของบริษัททำงานภายใต้โหลดปกติเมื่อ

- ทำงานจนกระทั่งถึงภาวะคงตัว กรณีการทำงานต่อเนื่อง และ
- ทำงานจนกระทั่งถึงภาวะคงตัว โดยให้ “เปิด” และ “ปิด” ตามคาบที่กำหนด กรณีการทำงานเป็นพัลส์ และ
- ทำงานตามเวลาทำงานที่กำหนด กรณีการทำงานระยะสั้น

ยอมให้ทดสอบส่วนประกอบและส่วนอื่นๆ อย่างเป็นอิสระ หากภาวะทดสอบที่ใช้กับบริษัทระบุให้ทำเช่นนั้นได้

บริษัทที่มีเจตนาให้ติดตั้งแบบฝังหรือติดตั้งในรางหรือรวมเข้ากับบริษัทที่ใหญ่กว่า ให้ทดสอบภายใต้ภาวะจำลองหรือภาวะจริงที่ให้ผลเลขที่สูงสุดที่ยอมให้ในข้อแนะนำการติดตั้ง

ให้วัดอุณหภูมิของฉนวนไฟฟ้า (นอกเหนือจากฉนวนของขดลวด ดูข้อ 1.4.13) ซึ่งหากล้มเหลวแล้วอาจทำให้เกิดอันตราย บนพื้นผิวของฉนวนที่จุดใกล้กับแหล่งกำเนิดความร้อน ดูตารางที่ 4ข ข้อ 1)

ในระหว่างการทดสอบ

- คัดเอาต์ความร้อนและอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินต้องไม่ทำงาน
- ยอมให้เทอร์มอสแตตทำงาน ถ้าไม่รบกวนการทำงานของผลิตภัณฑ์
- ยอมให้ตัวจำกัดอุณหภูมิทำงานได้
- สารประกอบฉนวน (ถ้ามี) ต้องไม่ไหลออกมา

อุณหภูมิต้องไม่เกินค่าที่ระบุไว้ในตารางที่ 4ข ส่วนที่ 1 และ 2

ตารางที่ 4ข ชีตจำกัดอุณหภูมิ
(ข้อ 4.5.1)
ส่วนที่ 1

ส่วน	อุณหภูมิสูงสุด (T_{max}) °C
ฉนวน รวมทั้งฉนวนของขดลวด	
- วัสดุฉนวนประเภท A	100 ^{1) 2) 3)}
- วัสดุฉนวนประเภท E	115 ^{1) 2) 3)}
- วัสดุฉนวนประเภท B	120 ^{1) 2) 3)}
- วัสดุฉนวนประเภท F	140 ^{1) 2) 3)}
- วัสดุฉนวนประเภท H	165 ^{1) 2) 3)}
ฉนวนยางสังเคราะห์หรือพีวีซีของสายภายในและสายภายนอก รวมทั้งสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้า	
- ไม่มีเครื่องหมายอุณหภูมิ	75
- มีเครื่องหมายอุณหภูมิ	เครื่องหมายอุณหภูมิ
ฉนวนเทอร์มอพลาสติกอื่น	4)
ขั้วต่อ รวมทั้งขั้วต่อลงดิน สำหรับตัวนำต่อลงดินภายนอกของบริภัณฑ์ประจำที่ นอกจากว่ามีสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าถอดไม่ได้	85
ส่วนที่สัมผัสกับของเหลวที่เกิดเปลวไฟได้	ดูข้อ 4.3.12
ส่วนประกอบต่างๆ	ดูข้อ 1.5.1

ชีตจำกัดอุณหภูมิ
ส่วนที่ 2

ส่วนซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึง	อุณหภูมิสูงสุด (T_{max}) °C		
	โลหะ	แก้ว ปอร์ซเลน และวัสดุเคลือบแข็ง	พลาสติก และยาง ³⁾
ที่จับ ปุ่ม ปากจับ ฯลฯ ที่ต้องจับ หรือสัมผัสเป็นเวลาสั้น ๆ เท่านั้น	60	70	85
ที่จับ ปุ่ม ปากจับ ฯลฯ ที่ต้องจับ ตลอดเวลาในการใช้งานปกติ	55	65	75
พื้นผิวภายนอกของบริภัณฑ์ซึ่งอาจต้องสัมผัส ⁵⁾	70	80	95
ส่วนภายในของบริภัณฑ์ซึ่งอาจต้องสัมผัส ⁶⁾	70	80	95

ตารางที่ 4x (ส่วนที่ 1 และ ส่วนที่ 2)
1) ถ้าอุณหภูมิของขดลวดหาโดยเทอร์มอคัปเปิล ตัวเลขเหล่านี้ต้องลดลง 10 °C ยกเว้นในกรณีของ - มอเตอร์ หรือ - ขดลวดที่มีเทอร์มอคัปเปิลฝังอยู่ 2) การจัดประเภทของวัสดุฉนวน (ประเภท A E B F และ F) เป็นไปตาม IEC 60085 3) สำหรับวัสดุบางชนิด ต้องพิจารณาจากข้อมูลสำหรับการหาอุณหภูมิสูงสุดที่ต้องการ 4) เป็นไปไม่ได้ที่จะระบุอุณหภูมิสำหรับวัสดุเทอร์มอพลาสติกเนื่องจากความหลากหลาย จึงต้องทดสอบตามที่ระบุไว้ในข้อ 4.5.2 5) สำหรับพื้นที่บนพื้นผิวภายนอกของบริภัณฑ์และไม่มีมิติใดเกิน 50 mm และมักไม่ถูกสัมผัสในการใช้งานปกติ ยอมให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 100 °C 6) ยอมให้อุณหภูมิเกินขีดจำกัด หากเป็นไปตามภาวะต่อไปนี้ - การสัมผัสกับส่วนนั้น ๆ มักไม่เกิดขึ้น - ส่วนนั้นมีเครื่องหมายเตือนว่าร้อน ยอมให้ใช้สัญลักษณ์  (IEC 60417-2-IEC 5041) เพื่อการเตือนนี้

สำหรับบริภัณฑ์ที่มีเจตนาให้ติดตั้งในที่ซึ่งที่เข้มงวดในการเข้าถึง ให้ใช้ขีดจำกัดอุณหภูมิในตารางที่ 4x ส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ได้ ยกเว้นส่วนโลหะภายนอกซึ่งถูกออกแบบโดยมีหลักฐานเชื่อได้ว่าเป็นตัวระบายความร้อนหรือมีค่าเตือนที่มองเห็นได้ ยอมให้ขีดจำกัดอุณหภูมิเท่ากับ 90 องศาเซลเซียส

4.5.2 ความทนความร้อนผิดปกติ

ส่วนเทอร์มอพลาสติกซึ่งติดตั้งอยู่โดยตรงกับส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายต้องทนความร้อนผิดปกติได้

การตรวจสอบให้ทำโดยการนำส่วนนี้ไปทดสอบการกดด้วยลูกกลม ตาม IEC 60695-10-2 (ไม่ต้องทดสอบถ้าการตรวจสอบลักษณะเฉพาะทางฟิสิกส์ของวัสดุชี้ชัดว่าวัสดุนั้นเป็นไปตามข้อกำหนดของการทดสอบนี้)

การทดสอบให้ทำในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ $(T - T_{amb} + T_{ma} + 15 \text{ องศาเซลเซียส}) \pm 2 \text{ องศาเซลเซียส}$ (ดูข้อ 1.4.12.1 สำหรับความหมายของ T , T_{amb} และ T_{ma}) อย่างไรก็ตามให้ทดสอบส่วนเทอร์มอพลาสติกที่รองรับส่วนวงจรปฐมภูมิอย่างน้อยที่ 125 องศาเซลเซียส

4.6 ช่องเปิดในเปลือกหุ้ม

สำหรับบริภัณฑ์ที่เจตนาให้ใช้ในลักษณะที่วางได้มากกว่าหนึ่งทิศทาง (ดูข้อ 1.3.6) ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 4.6.1 และข้อ 4.6.2 ตามความเหมาะสม

หมายเหตุ ข้อกำหนดเพิ่มเติมเกี่ยวกับช่องเปิดในเปลือกหุ้ม ดูข้อ 2.1.1

4.6.1 ช่องเปิดบนด้านบนและด้านข้าง

ยกเว้นบริภัณฑ์ขนย้ายได้ (ดูข้อ 4.6.4) ช่องเปิดบนด้านบนและด้านข้างของเปลือกหุ้มต้องอยู่ในตำแหน่งหรือสร้างในลักษณะที่วัตถุที่ผ่านช่องเปิดและก่อให้เกิดอันตรายโดยสัมผัสกับส่วนนำไฟฟ้าเปลือยมักไม่เกิดขึ้น

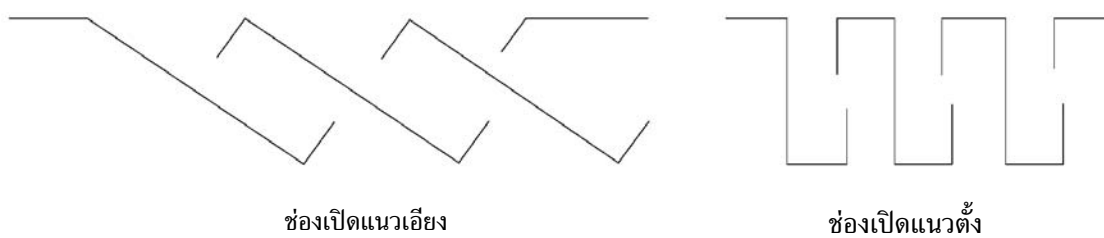
หมายเหตุ 1. อันตราย รวมถึง พลังงานอันตราย และอันตรายที่เกิดโดยการเชื่อมโยงขั้วฉนวนหรือโดยผู้ใช้เครื่องเข้าถึงส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตราย (เช่น ผ่านเครื่องประดับโลหะ)

ช่องเปิดที่อยู่หลังประตู แผง ฝาครอบ ฯลฯ ที่สามารถเปิดและถอดได้โดยผู้ใช้เครื่อง ไม่ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดหากช่องเปิดของบริษัทเป็นไปตามข้อกำหนดขณะประตู แผง และฝาครอบ ปิดหรืออยู่ในตำแหน่งติดตั้ง

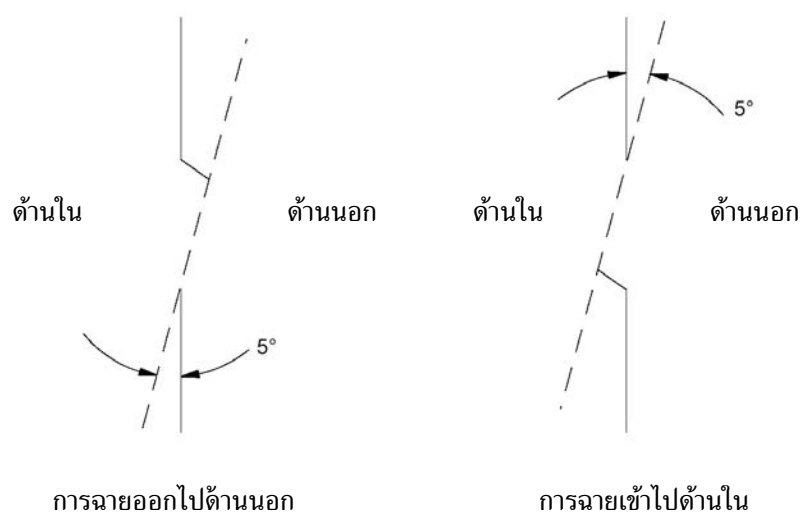
เมื่อส่วนของด้านข้างของเปลือกหุ้มกันไฟอยู่ในพื้นที่ที่ลากจากมุม 5 องศา ในรูปที่ 4จ ให้ใช้ขีดจำกัดในข้อ 4.6.2 ที่เกี่ยวกับขนาดของช่องเปิดด้านล่างของเปลือกหุ้มกันไฟกับช่องเปิดด้านข้างนี้ด้วยการตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด ยกเว้นสำหรับส่วนของด้านข้างของเปลือกหุ้มกันไฟตามข้อกำหนดข้อ 4.6.2 (ดูย่อหน้าข้างต้น) ข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้ถือว่าเป็นไปตามข้อกำหนด (ใช้สำหรับโครงสร้างอื่นๆ ด้วย)

- ช่องเปิดที่มีมิติใดๆ ไม่เกิน 5 มิลลิเมตร
- ช่องเปิดที่มีความกว้างไม่เกิน 1 มิลลิเมตร โดยไม่คำนึงถึงความยาว
- ช่องเปิดด้านบนที่สร้างในลักษณะที่ขัดขวางวัตถุที่ตกเข้าทางตรงในแนวดิ่ง (ดูรูปที่ 4ข เป็นตัวอย่าง)
- ช่องเปิดด้านข้างซึ่งมีบานเกล็ดซึ่งทำเป็นรูปร่างเพื่อเบี่ยงเบนวัตถุที่ตกในแนวดิ่งภายนอกออกไป (ดูรูปที่ 4ค เป็นตัวอย่าง)
- ช่องเปิดด้านบนและด้านข้าง แสดงในรูปที่ 4ง ที่ไม่อยู่ในแนวดิ่ง หรือภายในปริมาตร V ซึ่งจำกัดด้วยมุม 5 องศา ของการฉายแนวดิ่งขึ้นไปจนถึงขนาดของช่องเปิด L เนื้อส่วนนำไฟฟ้าเปลือย
 - ที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตราย หรือ
 - ที่เกิดพลังงานอันตรายตามความหมายข้อ 2.1.1.5

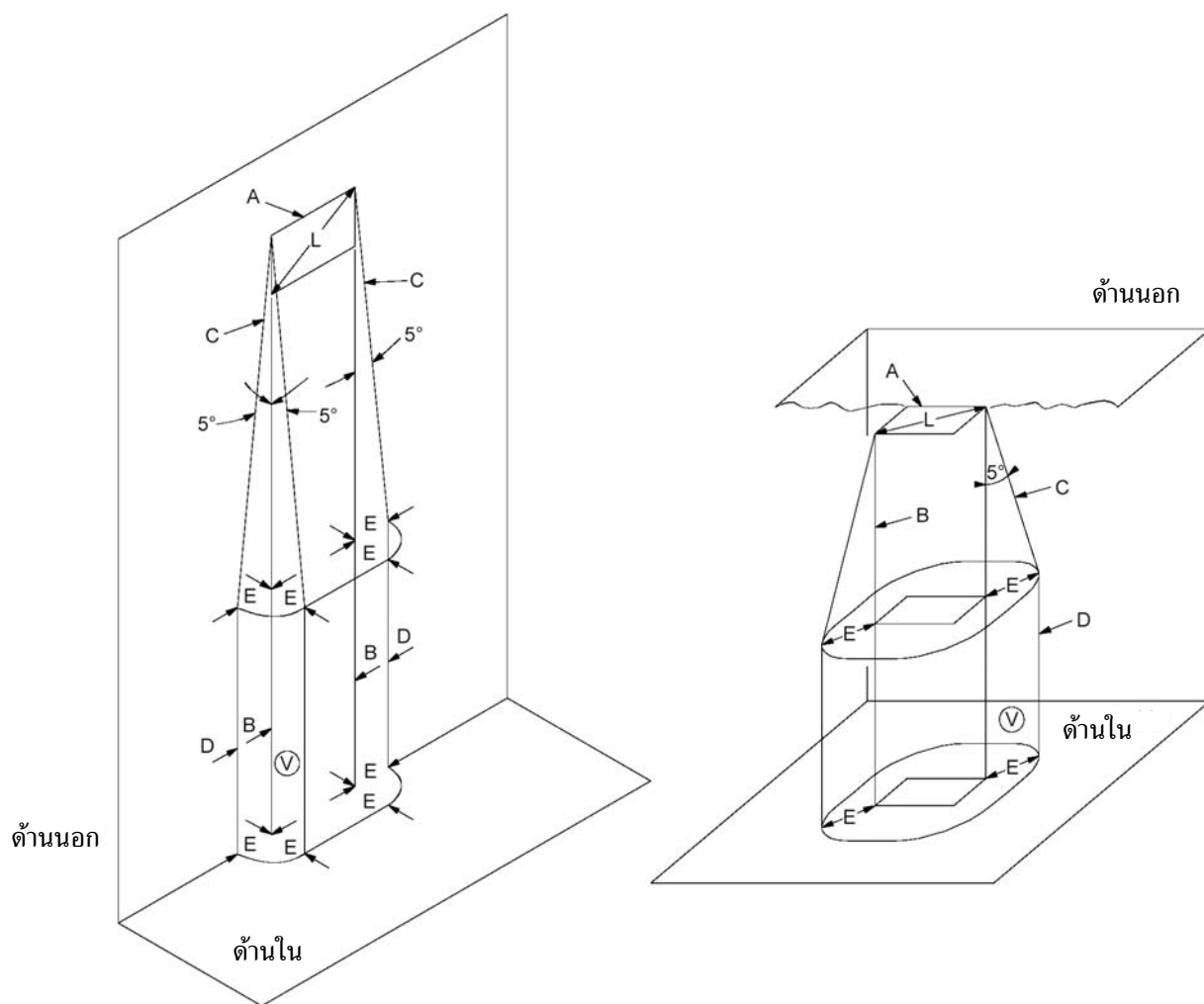
หมายเหตุ 2. ตัวอย่างของรูปที่ 4ข รูปที่ 4ค รูปที่ 4ง และรูปที่ 4จ ไม่ได้มีเจตนาให้ใช้เป็นแบบเขียนทางวิศวกรรม แต่ใช้แสดงเป็นภาพประกอบของข้อกำหนดนี้เท่านั้น



รูปที่ 4ข ตัวอย่างแสดงภาคตัดขวางการออกแบบการป้องกันการเข้าถึงช่องเปิดในแนวตั้ง



รูปที่ 4ค ตัวอย่างของการออกแบบบานเกล็ด



ช่องเปิดของเปลือกหุ้ม

B การฉายแนวตั้งของขอบนอกของช่องเปิด

C เส้นเอียงซึ่งฉายที่มุม 5 องศา จากขอบของช่องเปิดไปยังจุดซึ่งห่างจาก B เป็นระยะ E

D เส้นซึ่งฉายลงมาตรงๆ บนระนาบเดียวกันกับผนังด้านข้างของเปลือกหุ้ม

E การฉายของขอบนอกของช่องเปิด (B) และเส้นเอียง (C) (ไม่ใหญ่กว่า L)

L มิติสูงสุดของช่องเปิดของเปลือกหุ้ม

V ปริมาตรซึ่งไม่มีส่วนเปลือยที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตราย หรือเกิดพลังงานอันตราย (ดูข้อ 4.6.1)

รูปที่ 4ง ช่องเปิดของเปลือกหุ้ม

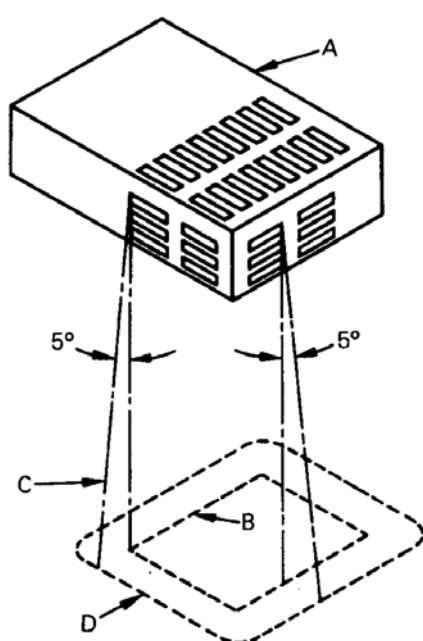
4.6.2 ด้านล่างของเปลือกหุ้มกันไฟ

ด้านล่างของเปลือกหุ้มกันไฟหรือตัวกันแต่ละตัวต้องให้การป้องกันใต้ส่วนที่อยู่ภายในทั้งหมด รวมทั้งส่วนประกอบหรือชุดประกอบที่หุ้มบางส่วน ซึ่งภายใต้ภาวะผิดปกติหรืออาจส่งวัสดุออกมาทำให้พื้นผิวที่รองรับติดไฟได้

หมายเหตุ ดูข้อ 4.7.2.2 สำหรับส่วนที่ไม่ต้องการเปลือกหุ้มกันไฟ

ด้านล่างหรือตัวกันต้องอยู่ในตำแหน่งและมีพื้นที่ไม่น้อยกว่าที่แสดงไว้ในรูปที่ 4จ และต้องอยู่ในแนวระนาบ หรือมีขอบ หรือมีรูปร่างอื่นซึ่งมีการป้องกันที่เทียบเท่า

ช่องเปิดด้านล่าง ต้องได้รับการป้องกันโดยแผ่นปะทะความร้อน ที่กัน หรือสิ่งที่คล้ายกัน ในลักษณะที่โลหะที่หลอมละลาย และวัสดุที่กำลังลุกไหม้ไม่อาจตกออกมานอกเปลือกหุ้มกันไฟ



- A ส่วนของส่วนประกอบซึ่งต้องการเปลือกหุ้มกันไฟ เช่น ใต้ช่องเปิดในส่วนประกอบหรือชุดประกอบซึ่งอาจส่งอนุภาคที่กำลังลุกเป็นไฟออกมา ถ้าส่วนประกอบหรือชุดประกอบไม่มีเปลือกหุ้มกันไฟของตัวเอง พื้นที่ที่ต้องได้รับการป้องกัน คือพื้นที่ทั้งหมดที่ครอบคลุมโดยส่วนประกอบหรือชุดประกอบ
- B เส้นรอบนอกของพื้นที่ของ A ที่ฉายลงบนระนาบระดับของจุดที่ต่ำที่สุดของเปลือกหุ้มกันไฟ
- C เส้นเอียงซึ่งวาดรอยเส้นรอบนอก D บนระนาบเดียวกันกับ B เคลื่อนไปรอบๆ เส้นรอบรูปที่อยู่นอกเส้นรอบนอก B เส้นเอียงนี้ฉายที่มุม 5 องศา จากแนวตั้งที่ทุกๆ จุดบนเส้นรอบรูปของช่องเปิดใน A และหันเหเพื่อวาดรอยพื้นที่ที่มากที่สุด
- D เค้าโครงต่ำสุดของส่วนล่างของเปลือกหุ้มกันไฟ ส่วนของด้านข้างของเปลือกหุ้มกันไฟซึ่งอยู่ภายใต้พื้นที่ที่วาดรอยที่มุม 5 องศา ให้พิจารณาว่าเป็นส่วนของด้านล่างของเปลือกหุ้มกันไฟด้วย

รูปที่ 4จ ตัวอย่างส่วนล่างของเปลือกหุ้มกันไฟสำหรับส่วนประกอบหรือชุดประกอบที่หุ้มบางส่วน

ข้อกำหนดข้อ 4.6.2 ไม่ใช้กับ

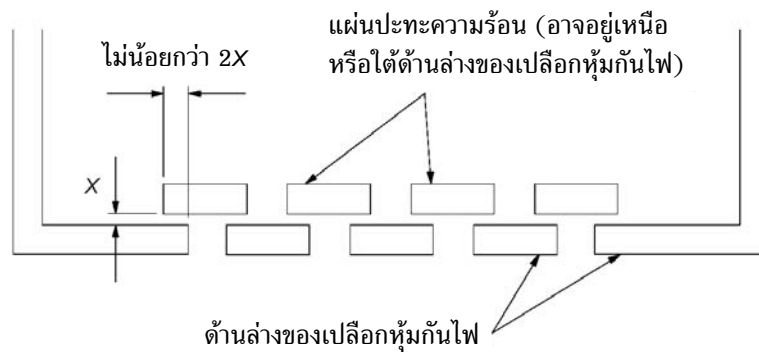
- บริภัณฑ์ขนย้ายได้ ซึ่งครอบคลุมโดยข้อ 4.6.4 หรือ
- บริภัณฑ์ประจำที่ ที่มีเจตนาให้ใช้ในที่ตั้งที่เข้มงวดในการเข้าถึงเท่านั้น และติดตั้งบนพื้นคอนกรีตหรือพื้นผิวอื่นที่เผาไหม้ไม่ได้ บริภัณฑ์นั้นต้องทำเครื่องหมายดังต่อไปนี้

สำหรับติดตั้งบนพื้นคอนกรีต
หรือพื้นผิวอื่นที่เผาไหม้ไม่ได้เท่านั้น

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และในกรณีที่เป็นโดยการทดสอบตามข้อ ก.3

โครงสร้างต่อไปนี้ถือว่าเป็นไปตามข้อกำหนดโดยไม่ต้องทดสอบ

- ไม่มีช่องเปิดที่ด้านล่างของเปลือกหุ้มกันไฟ
- ช่องเปิดที่ด้านล่างขนาดใดๆ ที่อยู่ใต้ตัวกันด้านใน ที่กันหรือสิ่งที่คล้ายกัน ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับเปลือกหุ้มกันไฟ (ดูข้อ 4.2.1 ด้วย)
- ช่องเปิดที่ด้านล่าง มีขนาดไม่เกิน 40 ตารางมิลลิเมตร ที่อยู่ใต้ส่วนประกอบและส่วนที่เป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท V-1 หรือสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท HF-1 หรือที่อยู่ใต้ส่วนประกอบขนาดเล็กซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบการเผาไหม้แบบบูรณาการตาม IEC 60695-2-2 โดยใช้เปลวไฟ 30 วินาที
- โครงสร้างแผ่นปะทะความร้อนเป็นดังเช่นที่แสดงไว้ในรูปที่ 4ฉ
- ส่วนล่างที่เป็นโลหะของเปลือกหุ้มกันไฟที่เป็นไปตามขีดจำกัดทางมิติของเส้นใดๆ ในตารางที่ 4ค
- ที่กันส่วนล่างที่เป็นโลหะที่มีตาข่ายซึ่งมีช่องเปิดที่ระบุไม่เกิน 2 มิลลิเมตร ระหว่างเส้นศูนย์กลางของลวด และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดไม่น้อยกว่า 0.45 มิลลิเมตร



รูปที่ 4ฉ โครงสร้างแผ่นปะทะความร้อน

ตารางที่ 4ค ขนาดและระยะห่างของช่องเปิดในโลหะด้านล่างของเปลือกหุ้มกันไฟ
(ข้อ 4.6.2)

ใช้กับแบบรูปกลม			ใช้กับช่องเปิดรูปร่างอื่น ๆ	
ความหนาต่ำสุดของโลหะด้านล่าง	เส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดของรู	ระยะห่างต่ำสุดระหว่างรู (จุดศูนย์กลางถึงจุดศูนย์กลาง)	พื้นที่สูงสุด	ระยะห่างต่ำสุดระหว่างช่องเปิด (ขอบถึงขอบ)
mm	mm	mm	mm ²	mm
0.66	1.1	1.7	1.1	0.56
0.66	1.2	2.3	1.2	1.1
0.76	1.1	1.7	1.1	0.55
0.76	1.2	2.3	1.2	1.1
0.81	1.9	3.1	2.9	1.1
0.89	1.9	3.1	2.9	1.2
0.91	1.6	2.7	2.1	1.1
0.91	2.0	3.1	3.1	1.2
1.0	1.6	2.7	2.1	1.1
1.0	2.0	3.0	3.2	1.0

4.6.3 ประตูล็อคหรือฝาครอบในเปลือกหุ้มกันไฟ

ถ้าส่วนของเปลือกหุ้มกันไฟประกอบด้วยประตูล็อคหรือฝาครอบที่เป็นทางสู่พื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึง ให้ใช้ข้อกำหนดข้อใดข้อหนึ่งดังต่อไปนี้

- ประตูล็อคหรือฝาครอบต้องมีอินเตอร์ล็อกที่เป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 2.8
- ประตูล็อคหรือฝาครอบที่มีเจตนาให้ผู้ใช้เครื่องเปิดเป็นประจำ ต้องเป็นไปตามทั้งสองเงื่อนไขดังต่อไปนี้
 - ต้องถอดออกจากส่วนอื่นๆ ของเปลือกหุ้มกันไฟโดยผู้ใช้เครื่องไม่ได้ และ
 - ต้องมีวิธีการทำให้ประตูล็อคหรือฝาครอบปิดอยู่เสมอในระหว่างการใช้งานปกติ
- ประตูล็อคหรือฝาครอบที่มีเจตนาให้ผู้ใช้เครื่องใช้เป็นครั้งคราวเท่านั้น เช่น เพื่อการติดตั้งอุปกรณ์ประกอบ ยอมให้ถอดประตูล็อคหรือฝาครอบได้หากมีข้อแนะนำของบริษัทระบุวิธีการถอดและใส่ที่ถูกต้อง

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

4.6.4 ช่องเปิดในบริเวณที่ขนย้ายได้

ต้องลดความเสี่ยงจากการติดไฟอันเนื่องมาจากวัตถุโลหะเล็กๆ เช่น ลวดหนีบกระดาศ หรือ ลวดเย็บกระดาศ ที่เคลื่อนที่อยู่ภายในบริเวณที่ขนย้ายได้ระหว่างที่มีการเคลื่อนย้าย โดยมีมาตรการที่ทำให้วัตถุดังกล่าวไม่มีโอกาสเข้ามาในบริเวณและเกิดการเชื่อมโยงส่วนนำไฟฟ้าเปลือยที่ไม่จำกัดกำลังไฟฟ้าตามข้อ 2.5

มาตรการที่ยอมรับได้หมายถึง

- ให้มีช่องเปิดมีความกว้างไม่เกิน 1 มิลลิเมตรโดยไม่คำนึงถึงความยาว หรือ
- ให้มีที่กั้นที่มีตาข่ายซึ่งมีช่องเปิดที่ระบุไม่เกิน 2 มิลลิเมตร ระหว่างเส้นศูนย์กลางเส้นลวดและทำด้วยเส้นด้ายหรือลวดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 0.45 มิลลิเมตร หรือ
- ให้มีตัวกั้นภายใน

นอกจากนี้ เมื่อส่วนโลหะของตัวกั้นพลาสติกหรือเปลือกหุ้มอยู่ในระยะไม่เกิน 13 มิลลิเมตรจากส่วนของวงจรไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าสูงกว่า 15 โวลต์แอมแปร์ ให้ใช้ข้อกำหนดข้อใดข้อหนึ่งดังต่อไปนี้

- ต้องใช้มาตรการข้างต้นในการจำกัดวัตถุโลหะแปลกปลอมที่จะเข้ามาในบริเวณ ถึงแม้ว่ากำลังไฟฟ้าที่มีอยู่เป็นไปตามขีดจำกัดของข้อ 2.5 หรือ
- ต้องมีตัวกั้นระหว่างส่วนนำไฟฟ้าเปลือยกับเปลือกหุ้ม หรือ
- ต้องทดสอบความผิดปกติเพื่อจำลองการเชื่อมโยงโดยตรงระหว่างส่วนนำไฟฟ้าเปลือยและส่วนโลหะของตัวกั้นหรือเปลือกหุ้มที่อยู่ใกล้ที่สุดในระยะไม่เกิน 13 มิลลิเมตรจากส่วนนำไฟฟ้าเปลือย

หมายเหตุ ตัวอย่างส่วนโลหะของตัวกั้นพลาสติกหรือเปลือกหุ้ม หมายถึง ส่วนที่ทำด้วยวัสดุองค์ประกอบนำไฟฟ้าหรือส่วนที่เคลือบด้วยไฟฟ้า (electroplated) ครอบโลหะที่ผิวภายใต้ภาวะสุญญากาศ (vacuum-deposited) ทาสีที่เป็นตัวนำ หรือ หุ้มด้วยโลหะเปลว

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด และถ้าจำเป็นโดยการทดสอบ ระหว่างการตรวจสอบ ประตูล็อคหรือฝาครอบทั้งหมดต้องปิดหรืออยู่ในตำแหน่งติดตั้ง อุปกรณ์รอบข้างหรืออุปกรณ์ประกอบ เช่น หน่วยขับเคลื่อนบันทึก แบตเตอรี่ ให้ติดตั้งในสภาพใช้งานจริง (ดูข้อ 1.3.6 ด้วย)

ถ้าใช้วิธีการทดสอบความผิดปกติจำลอง ต้องไม่มีการติดไฟของตัวกั้นหรือเปลือกหุ้มเกิดขึ้น

4.6.5 สารยึดติดใช้ในโครงสร้าง

ถ้ายึดตัวกันหรือที่กันซึ่งเป็นไปตามข้อ 4.6.1 ข้อ 4.6.2 หรือข้อ 4.6.4 เข้ากับด้านในของเปลือกหุ้มหรือเข้ากับส่วนอื่นภายในเปลือกหุ้มด้วยสารยึดติด สารยึดติดต้องมีสมบัติการยึดติดที่เพียงพอตลอดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์

การตรวจสอบให้ทำโดยการพิจารณาโครงสร้างและข้อมูลที่มี ถ้าไม่มีข้อมูลดังกล่าว ให้ตรวจสอบโดยการทดสอบต่อไปนี้

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์หรือส่วนของเปลือกหุ้มที่มีตัวกันหรือที่กันยึดติดอยู่ไปประเมินค่า โดยวางคว่ำตัวอย่างให้ตัวกันหรือที่กันอยู่ด้านล่าง

ปรับภาวะของตัวอย่างในตู้อบที่อุณหภูมิค่าหนึ่งสำหรับระยะเวลาที่กำหนดดังต่อไปนี้

100 องศาเซลเซียส $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ หรือ

90 องศาเซลเซียส $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 สัปดาห์ หรือ

82 องศาเซลเซียส $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 สัปดาห์

เมื่อการปรับภาวะอุณหภูมิแล้วเสร็จ

นำตัวอย่างออกจากตู้อบและวางไว้ในที่มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 20 องศาเซลเซียส กับ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

วางตัวอย่างในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

นำตัวอย่างออกจากตู้แช่แข็งและปล่อยตัวอย่างให้มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 20 องศาเซลเซียส กับ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

วางตัวอย่างในตู้ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 91 ถึงร้อยละ 95 เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

นำตัวอย่างออกจากตู้และวางไว้ในที่มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 20 องศาเซลเซียส กับ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

วางตัวอย่างในตู้อบที่อุณหภูมิที่ใช้ในการปรับภาวะอุณหภูมิ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

นำตัวอย่างออกจากตู้อบและปล่อยตัวอย่างให้มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 20 องศาเซลเซียส กับ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

จากนั้นให้ทดสอบตัวอย่างตามข้อ 4.2 ในส่วนที่ทำได้โดยทันที ภายหลังจากทดสอบ ตัวกันหรือที่กันต้องไม่หลุดร่วงหรือหลุดไปบางส่วน

ยอมให้เพิ่มระยะเวลาการทดสอบได้ ถ้าผู้ทำเห็นชอบ

4.7 ความทนไฟ

ข้อนี้ระบุข้อกำหนดที่มีเจตนาจะลดความเสี่ยงของการติดไฟและการลุกลามของเปลวไฟทั้งภายในผลิตภัณฑ์และที่ลุกลามออกมาข้างนอก โดยการใช้วัสดุและส่วนประกอบที่เหมาะสมและโดยการสร้างที่เหมาะสม

หมายเหตุ 1. ความเสี่ยงของการติดไฟสามารถลดได้โดยการจำกัดอุณหภูมิสูงสุดของส่วนประกอบภายใต้ภาวะการทำงานปกติและภายหลังการเกิดความผิดปกติเพียงเดียว (ดูข้อ 1.4.14) หรือโดยการจำกัดกำลังไฟฟ้าที่สามารถจ่ายได้ในวงจร

หมายเหตุ 2. การลุกลามของเปลวไฟที่เกิดจากการติดไฟสามารถลดได้โดยใช้วัสดุและฉนวนที่เป็นตัวหน่วงเปลวไฟ (flame retardant material) หรือโดยการจัดให้มีการแยกกันอย่างเพียงพอ

หมายเหตุ 3. ประเภทของวัสดุแบ่งตามสภาพการเกิดเปลวไฟได้ให้ดูหมายเหตุในข้อ 1.2.12.1

โลหะ วัสดุเซรามิกส์ และแก้ว ถือว่าเป็นไปตามข้อกำหนดโดยไม่ต้องทดสอบ

4.7.1 การลดความเสี่ยงของการติดไฟและการลุกลามของเปลวไฟ

สำหรับบริษัทหรือส่วนของบริษัท มีวิธี 2 วิธีเป็นทางเลือกที่ป้องกันการติดไฟและการลุกลามของเปลวไฟที่มีผลกระทบต่อวัสดุ สายไฟ ส่วนประกอบที่มีขดลวด และส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ เช่น วงจรรวม ทรานซิสเตอร์ ไทริสเตอร์ ไดโอด ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ

วิธีที่ 1 การเลือกและใช้ส่วนประกอบ สายไฟ และวัสดุที่ลดความเป็นไปได้ของการติดไฟและการลุกลามของเปลวไฟและการใช้เปลือกหุ้มกันไฟถ้าจำเป็น ข้อกำหนดที่เหมาะสมมีรายละเอียดระบุในข้อ 4.7.2 และข้อ 4.7.3 เมื่อใช้วิธีนี้ให้ทดสอบความผิพรองจำลองตามข้อ 5.3.6 เพิ่มเติม โดยยกเว้นข้อ 5.3.6 ค)

หมายเหตุ 1. วิธีที่ 1 อาจเหมาะกับบริษัทหรือส่วนของบริษัทที่มีส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์จำนวนมาก

วิธีที่ 2 การใช้การทดสอบภาวะผิพรองจำลองตามข้อ 5.3.6 ทั้งหมด บริษัทหรือส่วนของบริษัทที่ใช้วิธีที่ 2 ไม่จำเป็นต้องมีเปลือกหุ้มกันไฟ โดยเฉพาะให้ทดสอบข้อ 5.3.6 ค) กับส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องทั้งหมดทั้งในวงจรปฐมภูมิและวงจรทุติยภูมิ

หมายเหตุ 2. วิธีที่ 2 อาจเหมาะกับบริษัทหรือส่วนของบริษัทที่มีส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์จำนวนน้อย

4.7.2 เงื่อนไขการใช้เปลือกหุ้มกันไฟ

ต้องมีเปลือกหุ้มกันไฟเมื่ออุณหภูมิของส่วนประกอบภายใต้ภาวะผิพรองสามารถทำให้เกิดการติดไฟได้

4.7.2.1 ส่วนที่ต้องการเปลือกหุ้มกันไฟ

ยกเว้นการใช้วิธีที่ 2 ของข้อ 4.7.1 หรือที่ยอมให้ในข้อ 4.7.2.2 ส่วนต่อไปนี้ถือว่ามีความเสี่ยงต่อการติดไฟ ดังนั้นจึงต้องการเปลือกหุ้มกันไฟ

- ส่วนประกอบในวงจรปฐมภูมิ
- ส่วนประกอบในวงจรทุติยภูมิที่รับกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายกำลังซึ่งเกินกว่าขีดจำกัดที่ระบุไว้ในข้อ 2.5
- ส่วนประกอบในวงจรทุติยภูมิที่รับกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายจำกัดกำลังตามที่ระบุไว้ในข้อ 2.5 แต่ต้องไม่ติดตั้งไว้บนวัสดุที่มีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ ประเภท V-1
- ส่วนประกอบภายในแหล่งจ่ายกำลัง หรือส่วนประกอบที่จำกัดกำลังไฟฟ้าออกตามที่ระบุในข้อ 2.5 รวมทั้งอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน อิมพีแดนซ์จำกัดค่า โครกจ่ายคูลมค่า และสายไฟฟ้า จนถึงเมื่อเป็นไปตามเกณฑ์จำกัดกำลังไฟฟ้าออกของแหล่งจ่าย
- อุปกรณ์ที่มีส่วนเกิดอาร์กไฟฟ้าซึ่งไม่ได้ปิดหุ้มไว้ เช่น หน้าสัมผัสสรีเลย์และสวิตช์ที่ไม่มีเปลือกหุ้ม และคอมมิวเตเตอร์ ในวงจรที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายหรือที่มีระดับพลังงานอันตราย และ
- สายไฟหุ้มฉนวน

4.7.2.2 ส่วนที่ไม่ต้องการเปลือกหุ้มกันไฟ

ส่วนต่อไปนี้ไม่ต้องการเปลือกหุ้มกันไฟ

- มอเตอร์
- หม้อแปลงไฟฟ้า
- ส่วนประกอบทางกลไฟฟ้าที่เป็นไปตาม 5.3.5
- สายไฟและเคเบิลหุ้มด้วยฉนวนพีวีซี ทีเอฟอี พีทีเอฟอี เอฟอีพี นีโอพรีน หรือพอลิอิมิด์
- เต้าเสียบและตัวต่อที่เป็นส่วนหนึ่งของสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าหรือเคเบิลต่อระหว่างหน่วย
- ส่วนประกอบรวมทั้งตัวต่อที่เป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 4.7.3.2 ที่ปิดช่องเปิดของเปลือกหุ้มกันไฟ
- ตัวต่อในวงจรทุติยภูมิซึ่งรับกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายจำกัดกำลังสูงสุดไว้ที่ 15 โวลต์แอมแปร์ (ดูข้อ 1.4.11) ภายใต้ภาวะการทำงานปกติและภายหลังการเกิดภาวะผิดปกติเพียงเดียวในบริษัท (ดูข้อ 1.4.14)
- ตัวต่อในวงจรทุติยภูมิซึ่งรับกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายจำกัดกำลังที่เป็นไปตามข้อ 2.5
- ส่วนประกอบอื่นในวงจรทุติยภูมิ
 - รับกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายจำกัดกำลังที่เป็นไปตามข้อ 2.5 และติดตั้งไว้บนวัสดุซึ่งมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท V-1
 - รับกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายภายในหรือภายนอกที่จำกัดกำลังสูงสุดไว้ที่ 15 โวลต์แอมแปร์ (ดูข้อ 1.4.11) ภายใต้ภาวะการทำงานปกติและภายหลังการเกิดภาวะผิดปกติเพียงเดียวในบริษัท (ดูข้อ 1.4.14) และติดตั้งไว้บนวัสดุซึ่งมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ ประเภท HB75 ถ้าความหนาต่ำสุดที่มีนัยสำคัญของวัสดุนี้้น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร หรือติดตั้งไว้บนวัสดุซึ่งมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ ประเภท HB40 ถ้าความหนาที่มีนัยสำคัญบางที่สุดของวัสดุนี้้น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร
 - เป็นไปตามวิธีที่ 2 ของข้อ 4.7.1
- บริษัทหรือส่วนของบริษัทซึ่งมีสวิตช์สัมผัสชั่วคราวซึ่งผู้ใช้ต้องกระตุ้นอย่างต่อเนื่อง และการปล่อยสวิตช์ไว้เป็นการตัดกำลังไฟฟ้าทั้งหมดออกจากบริษัทหรือส่วนของบริษัท

การเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 4.7.2.1 และข้อ 4.7.2.2 ให้ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและโดยการประเมินข้อมูลที่จัดให้โดยผู้ทำ ในกรณีที่ไม่มีข้อมูล ให้ตัดสินการเป็นไปตามข้อกำหนดโดยการทดสอบ

4.7.3 วัสดุ

4.7.3.1 ทั่วไป

ต้องสร้างเปลือกหุ้ม ส่วนประกอบและส่วนอื่น ๆ หรือใช้วัสดุที่จำกัดการลุกลามของไฟ วัสดุซึ่งมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท VTM-0 VTM-1 และVTM-2 ถือว่ามีสมบัติด้านการเกิดเปลวไฟได้เทียบเท่ากับวัสดุซึ่งมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท V-0 V-1 และV-2 ตามลำดับ โดยสมบัติทางไฟฟ้าและทางกลไม่จำเป็นต้องเทียบเท่ากัน

เมื่อกำหนดให้ใช้วัสดุที่มีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท HB40 สภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท HB75 หรือสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท HBF ยอมให้ใช้วัสดุซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบลวดรุ่งแสง (glow-wire test) ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส ตาม IEC 60695-2-11 ทดแทนได้

ถ้าในทางปฏิบัติไม่สามารถป้องกันส่วนประกอบจากความร้อนเกินภายใต้ภาวะผิดปกติได้ ต้องติดตั้งส่วนประกอบนั้นบนวัสดุซึ่งมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท V-1 นอกจากนี้ ต้องแยกส่วนประกอบนั้นจากวัสดุซึ่งมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ต่ำกว่าประเภท V-1 (ดูข้อ 1.2.12.1 หมายเหตุ 2.) อย่างน้อย 13 มิลลิเมตรผ่านอากาศหรือโดยใช้ตัวกั้นตันที่ทำจากวัสดุซึ่งมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท V-1

หมายเหตุ 1. ดูข้อ 4.7.3.5 ประกอบ

หมายเหตุ 2. ไม่มีข้อความ

หมายเหตุ 3. ในการพิจารณาว่าจะจำกัดการลุกลามของไฟได้อย่างไรและอะไรคือ “ส่วนเล็กๆ” ต้องคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดจากส่วนเล็กๆ ที่อยู่ใกล้ติดกัน และความเป็นไปได้ของการลุกลามของไฟจากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่ง

หมายเหตุ 4. ข้อกำหนดสำหรับวัสดุซึ่งมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ในข้อ 4.7.3 ได้สรุปไว้ในตารางที่ 4g การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและประเมินข้อมูลที่เกี่ยวข้องเนื่องที่ผู้ทำจัดไว้

4.7.3.2 วัสดุสำหรับเปลือกหุ้มกันไฟ

ให้ใช้ข้อกำหนดต่อไปนี้ตามความเหมาะสม

ใช้มวล 18 กิโลกรัมเป็นเกณฑ์สำหรับบริษัทสำเร็จแต่ละบริษัท รวมทั้งบริษัทหลายบริษัทที่ใช้งานชิดติดกัน (เช่น วางบริษัทหนึ่งไว้บนอีกบริษัทหนึ่ง) อย่างไรก็ตามถ้าถอดส่วนใดส่วนหนึ่งของเปลือกหุ้มกันไฟออกในการใช้งานนั้น (ในตัวอย่างข้างต้น หมายถึงฝาปิดด้านล่างของบริษัทตัวบน) ให้ใช้เป็นมวลรวมของบริษัทเหล่านั้น ในการพิจารณามวลทั้งหมดของบริษัทไม่ต้องนับรวมวัสดุใช้สอย วัสดุสิ้นเปลือง สีสและวัสดุบันทึกที่ใช้งานร่วมกับบริษัทเข้าไปด้วย สำหรับบริษัทเคลื่อนย้ายได้ที่มีมวลทั้งหมดไม่เกิน 18 กิโลกรัม วัสดุของเปลือกหุ้มกันไฟส่วนที่มีความหนาแน่นมีนัยสำคัญบางที่สุดต้องเป็นวัสดุซึ่งมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท V-1 หรือต้องเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบข้อ ก.2

สำหรับบริษัทเคลื่อนย้ายได้ที่มีมวลทั้งหมดเกิน 18 กิโลกรัม และสำหรับบริษัทประจำที่ทั้งหมด วัสดุสำหรับเปลือกหุ้มกันไฟส่วนที่มีความหนาแน่นมีนัยสำคัญบางที่สุดต้องเป็นวัสดุซึ่งมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท 5VB หรือต้องเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบข้อ ก.1

วัสดุสำหรับส่วนประกอบที่ใส่ปิดช่องเปิดของเปลือกหุ้มกันไฟและที่มีเจตนาให้ติดตั้งในช่องเปิดนี้ต้อง

- มีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท V-1 หรือ
- เป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบตามข้อ ก.2 หรือ
- เป็นไปตามข้อกำหนดของสภาพการเกิดเปลวไฟได้ตามมาตรฐานของส่วนประกอบของ IEC ที่เกี่ยวข้อง

หมายเหตุ ตัวอย่างของส่วนประกอบนี้ได้แก่ ที่ยึดฟิวส์ สวิตช์ หลอดแสงขึ้นน้ำ ตัวต่อและเต้าเสียบเครื่องใช้

วัสดุพลาสติกของเปลือกหุ้มกันไฟต้องอยู่ห่างมากกว่า 13 มิลลิเมตรผ่านอากาศจากส่วนที่เกิดอาร์กไฟฟ้า เช่น คอมมิวเตเตอร์และหน้าสัมผัสสวิตช์ที่ไม่มีเปลือกหุ้ม

วัสดุพลาสติกของเปลือกหุ้มกันไฟที่อยู่ห่างน้อยกว่า 13 มิลลิเมตรผ่านอากาศจากส่วนที่ไม่เกิดอาร์กไฟฟ้าภายใต้ภาวะการทำงานปกติหรือผิดปกติใดๆ ที่อาจเกิดอุณหภูมิสูงพอที่จะให้วัสดุติด

ไฟได้ ต้องเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบตาม IEC 60695-2-20 เวลาเฉลี่ยของการให้ความร้อนเพื่อให้ตัวอย่างติดไฟได้ต้องไม่น้อยกว่า 15 วินาที ถ้าตัวอย่างหลอมละลายโดยไม่ติดไฟ เวลาที่เกิดการหลอมละลายนี้ไม่ถือว่าเป็นเวลาการให้ความร้อนเพื่อให้ตัวอย่างติดไฟ

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจบริภัณฑ์และข้อมูลของวัสดุ และถ้าจำเป็นโดยการทดสอบตามภาคผนวก ก. ในรายการที่เหมาะสมหรือตาม IEC 60695-2-20

4.7.3.3 วัสดุสำหรับส่วนประกอบและส่วนอื่นนอกเปลือกหุ้มกันไฟ

ยกเว้นที่ระบุในหมายเหตุข้างล่าง วัสดุสำหรับส่วนประกอบและส่วนอื่น (รวมถึงเปลือกหุ้มทางกล เปลือกหุ้มทางไฟฟ้า และส่วนตกแต่ง) ที่อยู่นอกเปลือกหุ้มกันไฟ ต้องมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท HB75 ถ้าความหนาที่มียุทธศาสตร์ที่สุดของวัสดุนี้ไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร หรือมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท HB40 ถ้าความหนาที่มียุทธศาสตร์ที่สุดของวัสดุนี้ไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร หรือมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท HBF

หมายเหตุ เมื่อเปลือกหุ้มทางกล หรือเปลือกหุ้มทางไฟฟ้า ทำหน้าที่เป็นเปลือกหุ้มกันไฟด้วย ให้ใช้ข้อกำหนดสำหรับเปลือกหุ้มกันไฟ

ข้อกำหนดของวัสดุในอุปกรณ์ประกอบของไส้กรองอากาศอยู่ในข้อ 4.7.3.5 และสำหรับวัสดุในส่วนประกอบแรงดันสูงอยู่ในข้อ 4.7.3.6

ตัวต่อต้องเป็นไปตามข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้

- ทำจากวัสดุที่มีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท V-2 หรือ
- เป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบ ข้อ ก.2 หรือ
- เป็นไปตามข้อกำหนดด้านการเกิดเปลวไฟได้ตามมาตรฐานส่วนประกอบของ IEC ที่เกี่ยวเนื่อง หรือ
- ยึดติดบนวัสดุซึ่งมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท V-1 และมีขนาดเล็ก หรือ
- วางในวงจรทุติยภูมิซึ่งรับกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายที่จำกัดกำลังไฟฟ้าสูงสุดไว้ไม่เกิน 15 โวลต์ แอมแปร์ (ดูข้อ 1.4.11) ภายใต้ภาวะการทำงานปกติและภายหลังการเกิดภาวะผิดปกติพร้อมเดียวในบริภัณฑ์ (ดูข้อ 1.4.14)

ข้อกำหนดของวัสดุสำหรับส่วนประกอบและส่วนอื่นที่ต้องเป็นวัสดุซึ่งมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท HB40 สภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท HB75 หรือ สภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท HBF ไม่ต้องใช้กับข้อใดข้อหนึ่งดังต่อไปนี้

- ส่วนประกอบทางไฟฟ้าที่ไม่ให้อันตรายจากไฟภายใต้ภาวะการทำงานผิดปกติเมื่อทดสอบตามข้อ 5.3.6
- วัสดุและส่วนประกอบที่อยู่ภายในเปลือกหุ้มปริมาตรไม่เกิน 0.06 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งประกอบจากโลหะทั้งหมดและไม่มีช่องเปิดระบายอากาศ หรือวัสดุและส่วนประกอบที่อยู่ภายในหน่วยปิดผนึกซึ่งบรรจุก๊าซเฉื่อยไว้
- กล่องของมาตรวัด (ถ้าพิจารณาได้ว่าเหมาะสมสำหรับติดตั้งส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตราย) หน้าปัดของมาตรวัด และหลอดไฟชี้บอกหรือส่วนประดับ
- ส่วนประกอบที่เป็นไปตามข้อกำหนดด้านการเกิดเปลวไฟได้ตามมาตรฐานของส่วนประกอบของ IEC ที่เกี่ยวเนื่อง ซึ่งครอบคลุมข้อกำหนดดังกล่าว

- ส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ชุดสำเร็จของวงจรรวม ชุดสำเร็จคู่ต่อทางแสง ตัวเก็บประจุ และส่วนเล็ก ๆ อื่นที่
 - ติดตั้งบนวัสดุซึ่งมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท V-1 หรือ
 - รับกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าไม่เกิน 15 โวลต์แอมแปร์ (ดูข้อ 1.4.11) ภายใต้ภาวะการทำงานปกติและภายหลังการเกิดภาวะผิดปกติพร้อมเดียวในบริภัณฑ์ (ดูข้อ 1.4.14) และติดตั้งบนวัสดุซึ่งมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ ประเภท HB75 ถ้าความหนาที่มียุทธศาสตร์บางที่สุดของวัสดุนี้ไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร หรือติดตั้งบนวัสดุซึ่งมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ ประเภท HB40 ถ้าความหนาที่มียุทธศาสตร์บางที่สุดของวัสดุนี้ไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร
- สายไฟ เคเบิล และตัวต่อซึ่งหุ้มด้วยฉนวนพีวีซี ทีเอฟอี พีทีเอฟอี เอฟอีพี นีโอพรีน หรือพอลิไมด์
- ตัวหนีบยึดแต่ละตัว (ไม่รวมถึงเทปพันรอบ หรือรูปแบบต่อเนื่องอื่น) แถบฉนวน (lacing tape) เชือกและที่รัดเคเบิลที่นำมาใช้ในการเดินสายไฟฟ้า
- เกียร์ ลูกเบี้ยว สายพาน ร่องลื่น และส่วนเล็ก ๆ อื่น ซึ่งมีส่วนของเชื้อเพลิงที่สามารถติดไฟได้น้อยมาก รวมถึงส่วนตกแต่ง ฉลาก ขายึด ปุ่มกุกญแจ ปุ่มจับและที่คล้ายกัน
- วัสดุใช้สอย วัสดุสิ้นเปลือง สีส และวัสดุบันทึก
- ส่วนซึ่งมีสมบัติพิเศษสำหรับใช้งานในหน้าที่เฉพาะ เช่น ลูกกลิ้งยางสำหรับรับและส่งกระดาษและหลอดหมึก

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจสอบบริภัณฑ์และข้อมูลของวัสดุ และถ้าจำเป็นโดยการทดสอบตามภาคผนวก ก. ในรายการที่เหมาะสม

4.7.3.4 วัสดุสำหรับส่วนประกอบและส่วนอื่นภายในเปลือกหุ้มกันไฟ

ข้อกำหนดสำหรับวัสดุในชุดประกอบกรองอากาศกำหนดไว้ตามข้อ 4.7.3.5 และข้อกำหนดสำหรับวัสดุในส่วนประกอบแรงดันไฟฟ้าสูงกำหนดไว้ตามข้อ 4.7.3.6

ภายในเปลือกหุ้มกันไฟ วัสดุสำหรับส่วนประกอบและส่วนอื่น (รวมทั้งเปลือกหุ้มทางกลและทางไฟฟ้าที่ตั้งภายในเปลือกหุ้มกันไฟ) ต้องเป็นไปตามข้อใดข้อหนึ่งดังต่อไปนี้

- มีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท V-2 หรือสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท HF-2 หรือ
- เป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบสภาพการเกิดเปลวไฟได้ ข้อ ก.2 หรือ
- เป็นไปตามข้อกำหนดของสภาพการเกิดเปลวไฟได้ตามมาตรฐานของส่วนประกอบของ IEC ที่เกี่ยวเนื่อง ซึ่งครอบคลุมข้อกำหนดดังกล่าว

ข้อกำหนดข้างต้นไม่จำเป็นต้องนำไปใช้ถ้าเป็นไปตามข้อใดข้อหนึ่งดังต่อไปนี้

- ส่วนประกอบทางไฟฟ้าที่ไม่ให้อันตรายจากไฟภายใต้ภาวะการทำงานผิดปกติเมื่อทดสอบตามข้อ 5.3.6
- วัสดุและส่วนประกอบที่อยู่ภายในเปลือกหุ้มปริมาตรไม่เกิน 0.06 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งประกอบจากโลหะทั้งหมดและไม่มีช่องเปิดระบายอากาศ หรือวัสดุและส่วนประกอบที่อยู่ภายในหน่วยปิดผนึกซึ่งบรรจุก๊าซเฉื่อยไว้

- วัสดุฉนวนบาง ชั้นเดียวหรือหลายชั้น เช่น แล็กวาว ที่ใช้โดยตรงบนพื้นผิวใด ๆ ภายในเปลือกหุ้มกันไฟ รวมทั้งพื้นผิวของส่วนที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน หากการรวมกันของวัสดุฉนวนบางและพื้นผิวที่ใช้เป็นไปตามข้อกำหนดของสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท V-2 หรือสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท HF-2

หมายเหตุ ในกรณีที่วัสดุฉนวนบางที่กล่าวถึงในการยกเว้นข้างต้นอยู่บนพื้นผิวด้านในของเปลือกหุ้มกันไฟ ข้อกำหนดข้อ 4.6.2 ยังคงใช้ได้กับเปลือกหุ้มกันไฟ

- กล่องของมาตรวัด (ถ้าไม่ได้กำหนดว่าเหมาะสมสำหรับติดตั้งส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตราย) หน้าปัดของมาตรวัด และหลอดแสดงผลหรือส่วนประดับ
- ส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ชุดสำเร็จของวงจรรวม ชุดสำเร็จคู่ต่อทางแสง ตัวเก็บประจุ และส่วนเล็ก ๆ อื่นที่ยึดติดบนวัสดุซึ่งมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท V-1
- สายไฟ เคเบิล และตัวต่อซึ่งหุ้มด้วยฉนวนพีวีซี ทีเอฟอี พีทีเอฟอี เอฟอีพี นีโอพรีน หรือพอลิอิมิด
- ตัวหนีบยึดแต่ละตัว (ไม่รวมถึงเทปพันรอบ หรือรูปแบบต่อเนื่องอื่น) เทปกาวย เชือกและที่รัดเคเบิลที่ใช้ในการเดินสาย
- ส่วนต่อไปนี้หากแยกตัวออกห่างจากส่วนมีไฟฟ้า (ที่ไม่ใช่สายไฟฟ้าและเคเบิลหุ้มฉนวน) ซึ่งภายใต้ภาวะผิดปกติอาจทำให้เกิดอุณหภูมิซึ่งสามารถทำให้เกิดการติดไฟ อย่างน้อย 13 มิลลิเมตร ผ่านอากาศ หรือโดยตัวกันต้นทำด้วยวัสดุซึ่งมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท V-1
 - เกียร์ ลูกเบี้ยว สายพาน รองลิ้น และส่วนเล็ก ๆ อื่น ซึ่งมีส่วนของเชื้อเพลิงที่สามารถติดไฟได้น้อยมาก รวมถึงส่วนตกแต่ง ฉลาก ขายึด ปุ่มกุกญแจ ปุ่มจับและที่คล้ายกัน
 - วัสดุใช้สอย วัสดุสิ้นเปลือง สีส่ และวัสดุบันทึก
 - ส่วนซึ่งมีสมบัติพิเศษสำหรับใช้งานในหน้าที่เฉพาะ เช่น ลูกกลิ้งยางสำหรับรับและส่งกระดาษ และหลอดหมึก
 - ท่อสำหรับอากาศหรือของเหลวใด ๆ ภาชนะที่บรรจุผงหรือของเหลว และส่วนพลาสติกโฟม (foamed plastic) หากสิ่งเหล่านี้มีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท HB75 ถ้าความหนาที่มียุ่สำคัญบางที่สุดของวัสดุน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร หรือมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท HB40 ถ้าความหนาที่มียุ่สำคัญบางที่สุดของวัสดุไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร หรือมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท HBF

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจสอบบริษัทและข้อมูลของวัสดุ และถ้าจำเป็นโดยการทดสอบตามภาคผนวก ก. ในรายการที่เหมาะสม

4.7.3.5 วัสดุสำหรับชุดประกอบกรองอากาศ

ชุดประกอบกรองอากาศต้องสร้างด้วยวัสดุซึ่งมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท V-2 หรือสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท HF-2

ข้อกำหนดข้างต้นไม่จำเป็นต้องนำไปใช้ถ้าโครงสร้างเป็นไปดังต่อไปนี้

- ชุดประกอบกรองอากาศในระบบหมุนเวียนอากาศแบบอากาศรั่วได้หรือไม่ได้ ซึ่งไม่ได้มีเจตนาให้ระบายอากาศออกไปนอกเปลือกหุ้มกันไฟ

- ชุดประกอบกรงอากาศที่อยู่ในหรือนอกเปลือกหุ้มกันไฟ หากแยกวัสดุกรงออกโดยที่กั้นโลหะจากส่วนซึ่งสามารถทำให้เกิดการติดไฟได้ ที่กั้นนี้อาจเป็นชนิดรูปทรงแฉลและต้องเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 4.6.2 สำหรับด้านล่างของเปลือกหุ้มกันไฟ
- โครงของชุดกรงอากาศที่สร้างด้วยวัสดุที่มีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท HB75 ถ้าความหนาที่มึนัยสำคัญบางที่สุดของวัสดุน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร หรือมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท HB40 ถ้าความหนาที่มึนัยสำคัญบางที่สุดของวัสดุไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร หรือมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท HBF หากแยกตัวออกห่างจากส่วนมีไฟฟ้า (นอกเหนือจากสายไฟฟ้าและเคเบิลหุ้มฉนวน) ซึ่งภายใต้ภาวะผิตพรงอาจทำให้เกิดอุณหภูมิซึ่งสามารถทำให้เกิดการติดไฟ อย่างน้อย 13 มิลลิเมตรผ่านอากาศ หรือโดยตัวกันต้นทำด้วยวัสดุซึ่งมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท V-1
- ชุดประกอบกรงอากาศที่ตั้งอยู่ภายนอกเปลือกหุ้มกันไฟที่สร้างด้วยวัสดุที่มีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท HB75 ถ้าความหนาที่มึนัยสำคัญบางที่สุดของวัสดุน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร หรือสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท HB40 ถ้าความหนาที่มึนัยสำคัญบางที่สุดของวัสดุไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร หรือสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท HBF

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจสอบบริษัทและข้อมูลของวัสดุ และถ้าจำเป็นโดยการทดสอบตามภาคผนวก ก. ในรายการที่เหมาะสม

4.7.3.6 วัสดุที่ใช้ในส่วนประกอบแรงดันไฟฟ้าสูง

ส่วนประกอบแรงดันไฟฟ้าสูงที่ทำงานที่แรงดันไฟฟ้าค้ายอดถึงยอดมากกว่า 4 กิโลโวลต์ ต้องมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท V-2 หรือสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท HF-2 หรือเป็นไปตาม IEC 60065 ข้อ 14.4 หรือเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบเปลวไฟเข็ม (needle flame test) ตาม IEC 60695-2-2

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจสอบบริษัทและข้อมูลของวัสดุ และถ้าจำเป็นโดยการทดสอบตามรายละเอียดใน IEC 60065 ข้อ 14.4 หรือโดยการทดสอบเปลวไฟเข็มตาม IEC 60695-2-2 นอกจากนี้ ให้ทดสอบโดยให้ใช้รายละเอียดต่อไปนี้ตาม IEC 60695-2-2

ข้อ 5 ความรุนแรง (severity)

ให้ใช้เปลวไฟทดสอบเป็นเวลา 10 วินาที ถ้าวัสดุถูกติดไฟอยู่ได้ในเวลาไม่ถึง 30 วินาที ให้ใช้เปลวไฟทดสอบอีกครั้งเป็นเวลา 1 นาที ที่จุดเดิมหรือที่จุดอื่นใด ๆ ของวัสดุ ถ้าวัสดุถูกติดไฟอยู่ได้ในเวลาไม่ถึง 30 วินาที ให้ใช้เปลวไฟทดสอบอีกครั้งเป็นเวลา 2 นาที ที่จุดเดิมหรือที่จุดอื่นใด ๆ ของวัสดุ

ข้อ 6 การเตรียมภาวะ (preconditioning)

ยกเว้นหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าสูงและเครื่องทวิแรงดันไฟฟ้าสูง ให้บรรจุตัวอย่างในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

สำหรับหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าสูง ให้เริ่มป้อนกำลังไฟฟ้า 10 วัตต์ (กระแสตรงหรือกระแสสลับที่ความถี่กำลังไฟฟ้าประธาน) ทางด้านขดลวดแรงดันไฟฟ้าสูง คงกำลังไฟฟ้านี้ไว้เป็นเวลา 2 นาที หลังจากนั้นให้เพิ่มขึ้นขั้นละ 10 วัตต์จนถึง 40 วัตต์ ทุกช่วง 2 นาที

การป้อนกำลังไฟฟ้าจะสิ้นสุดในเวลา 8 นาที หรือเมื่อขดลวดขาด หรือเกิดรอยแยกที่ส่วนหุ้มป้องกัน

หมายเหตุ 1. หม้อแปลงบางประเภทมีการออกแบบในลักษณะที่ไม่สามารถเตรียมภาะดังกล่าวข้างต้นได้ ในกรณีเช่นนี้ให้เตรียมภาะด้วยตัวบ

สำหรับเครื่องทรีแรงดันไฟฟ้าสูง ให้ใช้แรงดันไฟฟ้าจากหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าสูงป้อนเข้าแต่ละตัวอย่าง โดยลัดวงจรขาออกของเครื่องทรีแรงดันไฟฟ้าสูง

ให้ปรับตั้งแรงดันไฟฟ้าเข้าเพื่อให้กระแสไฟฟ้าลัดวงจรเริ่มต้นมีค่า 25 มิลลิแอมแปร์ $\pm$ 5 มิลลิแอมแปร์ คงค่ากระแสไฟฟ้านี้ไว้เป็นเวลา 30 นาที หรือหยุดการป้อนเมื่อวงจรเปิด หรือเกิดรอยแยกที่ส่วนหุ้มป้องกัน

หมายเหตุ 2. เมื่อการออกแบบของเครื่องทรีแรงดันไฟฟ้าสูงทำให้ไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าลัดวงจร 25 มิลลิแอมแปร์ได้ ให้ใช้กระแสไฟฟ้าเตรียมภาะซึ่งเป็นตัวแทนกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่รับได้ โดยพิจารณาจากการออกแบบเครื่องทรีแรงดันหรือจากภาะที่ใช้ในเครื่องใช้แต่ละประเภท

ข้อ 10 การประเมินผลการทดสอบ

หลังจากการให้เปลวไฟทดสอบครั้งแรก ตัวอย่างทดสอบต้องไม่ถูกเผาไหม้ทั้งหมด

หลังจากให้เปลวไฟทดสอบใดๆ การลุกติดไฟของวัสดุต้องดับลงภายใน 30 วินาที กระดาษทิชชู (tissue paper) ต้องไม่ลุกไหม้ และแผ่นรองต้องไม่ไหม้เกรียม

ตารางที่ 4ง สรุปข้อกำหนดของสภาพการเกิดเปลวไฟได้ของวัสดุ
(ข้อ 4.7.3.1 และข้อ 4.7.3.6)

ส่วน		ข้อกำหนด
เปลือกหุ้มกันไฟ ข้อ 4.7.3.2	บริษัทเคลื่อนย้ายได้น้ำหนักมากกว่า 18 kg และบริษัทประจำที่	- 5VB - ทดสอบตาม A.1 - ทดสอบลวดความร้อนตาม IEC 60695-2-20 (ถ้าระยะห่างจากส่วนที่อุณหภูมิสูงซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการติดไฟได้ น้อยกว่า 13 มิลลิเมตร ผ่านอากาศ)
	บริษัทเคลื่อนย้ายได้น้ำหนักไม่มากกว่า 18 kg	- V-1 - ทดสอบตาม A.2 - ทดสอบลวดความร้อนตาม IEC 60695-2-20 (ถ้าระยะห่างจากส่วนที่อุณหภูมิสูงซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการติดไฟได้ น้อยกว่า 13 มิลลิเมตร ผ่านอากาศ)
	ส่วนซึ่งปิดช่องเปิด	- V-1 - ทดสอบตาม A.2 - มาตรฐานของส่วนประกอบ
ส่วนประกอบและชิ้นส่วน รวมทั้งเปลือกหุ้มทางกลและทางไฟฟ้า ภายนอกเปลือกหุ้มกันไฟ ข้อ 4.7.3.1 และ 4.7.3.3		- HB40 สำหรับความหนา ≥ 3 มิลลิเมตร - HB75 สำหรับความหนา < 3 มิลลิเมตร - HBF - ทดสอบลวดรุ่งแสง 550 องศาเซลเซียส ตาม IEC 60695-2-11 - สำหรับตัวต่อและข้อยกเว้น ดูข้อ 4.7.3.3
ส่วนประกอบและชิ้นส่วน รวมทั้งเปลือกหุ้มทางกลและทางไฟฟ้า ภายในเปลือกหุ้มกันไฟ ข้อ 4.7.3.4		- V-2 - HF-2 - ทดสอบตาม A.2 - มาตรฐานของส่วนประกอบ - สำหรับข้อยกเว้น ดูข้อ 4.7.3.4
ชุดประกอบกรงอากาศ ข้อ 4.7.3.5		- V-2 - HF-2 - ทดสอบตาม A.2 - สำหรับข้อยกเว้น ดูข้อ 4.7.3.5
ส่วนประกอบแรงดันไฟฟ้าสูง (มากกว่า 4 kg) ข้อ 4.7.3.6		- V-2 - HF-2 - ทดสอบตาม IEC 60065 ข้อ 14.4 - ทดสอบเปลวไฟเข็มตาม IEC 60695-2-2

5. ข้อกำหนดทางไฟฟ้าและภาวะผิดปกติจำลอง

5.1 กระแสไฟฟ้าสัมผัสและกระแสไฟฟ้าตัวนำป้องกัน

ในข้อนี้การวัดกระแสผ่านโครงข่ายที่จำลองอิมพีแดนซ์ของร่างกายมนุษย์ถือว่าการวัดกระแสไฟฟ้าสัมผัส

ยกเว้นการนำไปใช้สำหรับข้อ 5.1.8.2 ข้อกำหนดนี้ไม่นำไปใช้กับบริภัณฑ์ที่เจตนาใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรงอย่างเดียว

5.1.1 ทัวไป

ต้องออกแบบและสร้างบริภัณฑ์ในลักษณะที่กระแสไฟฟ้าสัมผัสหรือกระแสไฟฟ้าตัวนำป้องกันไม่ก่อให้เกิดอันตรายเนื่องจากช็อกไฟฟ้า

การตรวจสอบให้ทำโดยการทดสอบตามข้อ 5.1.2 ถึงข้อ 5.1.7 และถ้าเกี่ยวเนื่องตามข้อ 5.1.8 (ดูข้อ 1.4.4 ด้วย)

อย่างไรก็ตาม ถ้าเป็นที่แน่ชัดจากการศึกษาแผนภาพวงจรของบริภัณฑ์ต่ออย่างถาวรหรือบริภัณฑ์เสียบได้แบบ B ซึ่งมีตัวนำต่อลงดินป้องกัน ว่ากระแสไฟฟ้าสัมผัสจะเกิน 3.5 มิลลิแอมแปร์ ค่ารากกำลังสองเฉลี่ย แต่กระแสไฟฟ้าตัวนำป้องกันไม่เกินร้อยละ 5 ของกระแสไฟฟ้าเข้า ก็ไม่ต้องทดสอบตามข้อ 5.1.5 ข้อ 5.1.6 และข้อ 5.1.7

5.1.2 บริภัณฑ์ที่ทดสอบ (EUT)

ระบบของบริภัณฑ์ที่ต่อระหว่างกันที่มีการต่อบริภัณฑ์แต่ละตัวเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับต้องทดสอบบริภัณฑ์แต่ละบริภัณฑ์แยกกัน ระบบของบริภัณฑ์ที่ต่อระหว่างกันแต่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับร่วมกันจุดเดียวให้ถือว่าเป็นบริภัณฑ์ชิ้นเดียว ให้ดูข้อ 1.4.10 เกี่ยวกับการรวมของลักษณะเพื่อเลือกด้วย

หมายเหตุ ระบบของบริภัณฑ์ที่ต่อระหว่างกันระบุไว้ในรายละเอียดใน IEC 60990 Annex A

บริภัณฑ์ซึ่งออกแบบไว้สำหรับต่อกับแหล่งจ่ายหลายแหล่งจ่าย ซึ่งต่อได้ครั้งละ 1 แหล่งจ่ายเท่านั้น (เช่น สำหรับการสำรองแหล่งจ่าย) ต้องทดสอบโดยมีแหล่งจ่ายต่ออยู่เพียง 1 แหล่งจ่าย

บริภัณฑ์ที่ต้องการแหล่งจ่ายตั้งแต่ 2 แหล่งจ่ายขึ้นไปพร้อมกัน ต้องทดสอบโดยมีแหล่งจ่ายทั้งหมดต่ออยู่

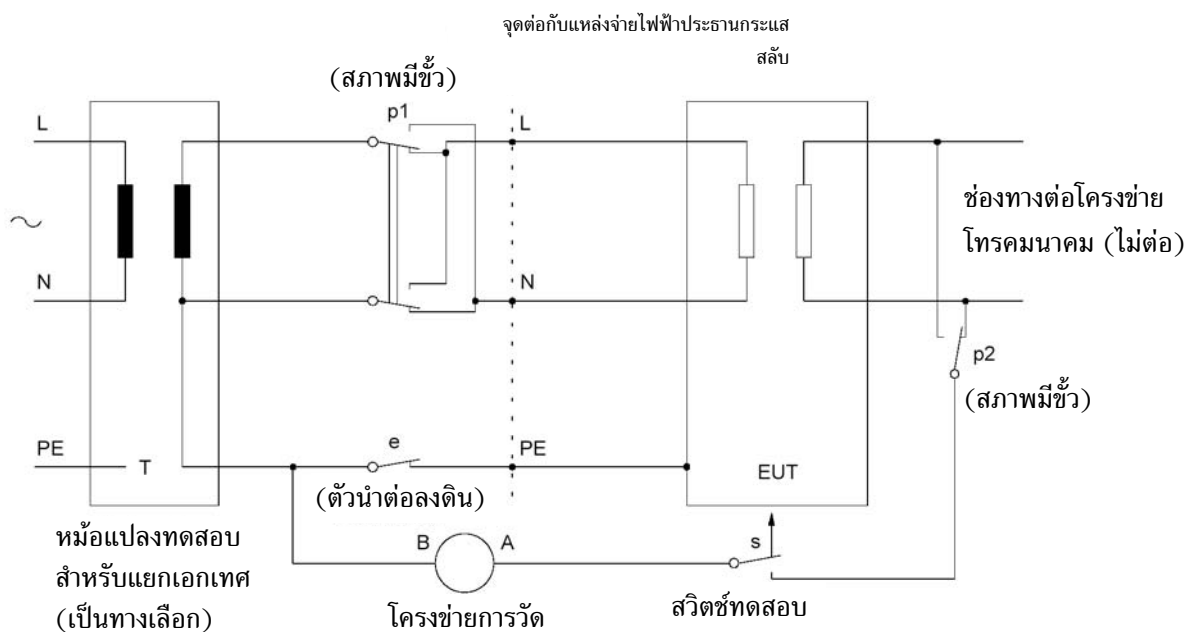
5.1.3 วงจรทดสอบ

ทดสอบบริภัณฑ์โดยใช้วงจรทดสอบในรูปที่ 5ก (สำหรับบริภัณฑ์เฟสเดียวที่ต่อเข้ากับระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า TN สตาร์ หรือ TT สตาร์) หรือรูปที่ 5ข (สำหรับบริภัณฑ์ 3 เฟสที่ต่อเข้ากับระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า TN สตาร์ หรือ TT สตาร์) หรือในกรณีที่เหมาะสม ใช้วงจรทดสอบอื่นจาก IEC 60990 รูปที่ 7 รูปที่ 9 รูปที่ 10 รูปที่ 12 หรือรูปที่ 14

การใช้หม้อแปลงทดสอบสำหรับแยกเอกเทศ (isolation) ถือเป็นทางเลือก เพื่อความปลอดภัยสูงสุด จะใช้หม้อแปลงทดสอบสำหรับแยกเอกเทศ (T ในรูปที่ 5ก และรูปที่ 5ข) และขั้วต่อลงดินป้องกันหลักของบริภัณฑ์ที่ทดสอบจะต่อลงดิน การรั่วเชิงความจุใด ๆ ในหม้อแปลงต้องนำมาพิจารณาด้วย อีก

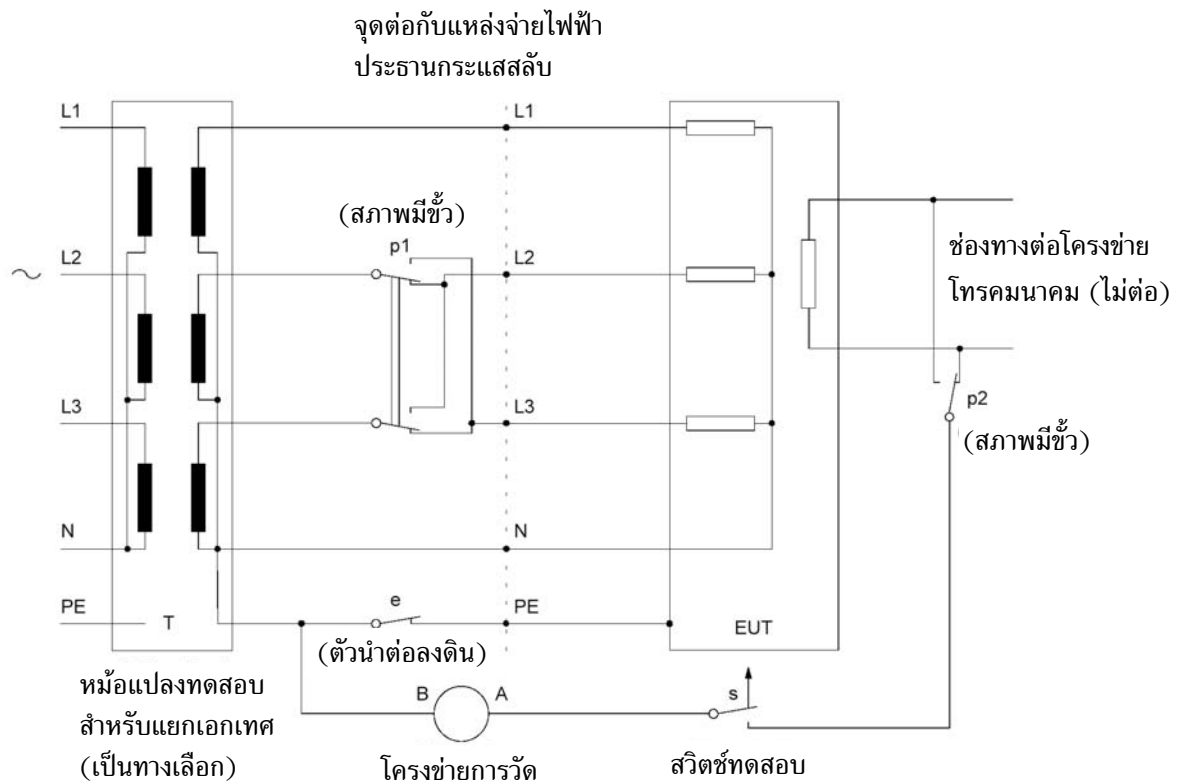
ทางเลือกหนึ่งในการต่อบริภัณฑ์ที่ทดสอบลงดินคือ ปล่อด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงทดสอบและ
บริภัณฑ์ที่ทดสอบไว้ (ไม่ต่อลงดิน) ในกรณีนี้การรั่วเชิงความจุในหม้อแปลงไม่ต้องนำมาพิจารณา
ถ้าไม่ใช้หม้อแปลง T ให้ติดตั้งบริภัณฑ์ไว้นบนแท่นฉนวน และต้องคำนึงถึงข้อควรระวังเกี่ยวกับความ
ปลอดภัยที่เหมาะสมในแง่ของความเป็นไปได้ที่ตัวของบริภัณฑ์จะมีแรงดันไฟฟ้าอันตราย
บริภัณฑ์ที่ต่อเข้ากับระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า IT ให้ทดสอบตามที่เหมาะสม (ดู IEC 60990 รูปที่ 9 รูป
ที่ 10 และรูปที่ 12) บริภัณฑ์ดังกล่าวอาจต่อเข้ากับระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า TN หรือ TT
บริภัณฑ์เฟสเดียวที่มีเจตนาให้ทำงานโดยใช้ตัวนำเฟส 2 สาย ให้ทดสอบโดยใช้วงจรทดสอบ 3 เฟสดัง
รูปที่ 5ข

ถ้าไม่สะดวกที่จะทดสอบปริมาณที่ที่แรงดันไฟฟ้าจ่ายที่ให้ผลเร็วที่สุด (ดูข้อ 1.4.5) ยอมให้ทดสอบปริมาณที่ที่แรงดันไฟฟ้าที่ได้ภายในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดหรือภายในพิสัยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด แล้วคำนวณผล



หมายเหตุ รูปนี้มาจาก IEC 60990 รูปที่ 6

รูปที่ 5ก วงจรทดสอบสำหรับกระแสไฟฟ้าสัมผัสของบริภัณฑ์เฟสเดียว
บนระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า TN สตาร์ หรือ TT สตาร์



หมายเหตุ รูปนี้มาจาก IEC 60990 รูปที่ 11

รูปที่ 5ข วงจรทดสอบสำหรับกระแสไฟฟ้าสัมผัสของบริเวณที่ 3 เฟส
บนระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า TN สตาร์ หรือ TT สตาร์

5.1.4 การใช้เครื่องวัด

ทดสอบโดยใช้เครื่องวัดตามภาคผนวก ง. หรือวงจรอื่นที่ให้ผลเหมือนกัน

ต่อข้อต่อ B ของเครื่องวัดเข้ากับตัวนำต่อลงดิน (สายกลาง) ของแหล่งจ่าย (รูปที่ 5ก และรูปที่ 5ข)

ต่อข้อต่อ A ของเครื่องวัดตั้งที่ระบุในข้อ 5.1.5

สำหรับส่วนไมนาไฟฟ้าที่แต่ละต้องถึง ให้ทดสอบกับโลหะเปลวที่มีมิติ 10 เซนติเมตร x 20 เซนติเมตร
ที่สัมผัสกับส่วนนั้น ถ้าพื้นที่ของโลหะเปลวเล็กกว่าพื้นที่ทดสอบ ให้เคลื่อนโลหะเปลว ไปจนทดสอบได้
ทั่วพื้นผิว ในกรณีที่ใช้โลหะเปลวแบบมีสารยึดติด สารยึดติดต้องนำไฟฟ้าได้ ต้องระวังไม่ให้โลหะเปลว
มีผลกระทบต่อภาระบายความร้อนของบริภัณฑ์

หมายเหตุ 1. การทดสอบโลหะเปลวจำลองการสัมผัสของมือ

ส่วนนำไฟฟ้าที่แตกต่างถึงซึ่งมีโอกาสต่อเข้ากับส่วนอื่น ให้ทดสอบในลักษณะที่ทั้งสองส่วนต่อกันและ
ไม่ต่อกัน

หมายเหตุ 2. ส่วนที่มีโอกาสต่อกัน อธิบายเพิ่มเติมใน IEC 60990 Annex C

5.1.5 วิธีทดสอบ

สำหรับบริษัทที่มีการต่อลงดินป้องกันหรือการต่อลงดินตามหน้าที่ ต่อข้อต่อ A ของเครื่องวัดผ่านสวิตช์ทดสอบ s เข้ากับขั้วต่อลงดินของบริษัทที่ทดสอบ โดยให้สวิตช์ตัวนำต่อลงดิน e เปิดวงจรทดสอบกับบริษัททั้งหมดโดยต่อข้อต่อ A ของโครงข่ายวัดผ่านทางสวิตช์ทดสอบ s เข้ากับส่วนที่ไม่ต่อลงดินหรือส่วนไม่นำไฟฟ้าที่แต่ละต้องถึงแต่ละส่วน และวงจรที่แต่ละต้องถึงที่ไม่ต่อลงดินแต่ละส่วนหมุนเวียนกันไป โดยให้สวิตช์ตัวนำต่อลงดิน e ปิดวงจร

นอกจากนั้น

- สำหรับบริษัทเฟสเดียว ให้ทดสอบซ้ำโดยการกลับขั้ว (สวิตช์ p1)
- สำหรับบริษัท 3 เฟส ให้ทดสอบซ้ำโดยการกลับขั้ว (สวิตช์ p1) นอกจากว่าบริษัทไวต่อลำดับเฟส

เมื่อทดสอบบริษัท 3 เฟส ให้ปลดส่วนประกอบใดๆ ที่ใช้สำหรับจุดประสงค์ทางความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าและต่ออยู่ระหว่างสายเฟสกับสายดินครึ่งละ 1 ส่วนประกอบ สำหรับจุดประสงค์นี้กลุ่มของส่วนประกอบที่ต่อขนานกันผ่านการต่อเดียวถือว่าเป็นส่วนประกอบเดียว ในแต่ละครั้งที่ปลดส่วนประกอบที่ต่อระหว่างสายเฟสกับสายดิน ลำดับของการทำงานของสวิตช์จะทำงานซ้ำ

หมายเหตุ ในกรณีที่ตัวกรองมีการห่อหุ้มตามปกติ อาจจำเป็นต้องใช้หน่วยที่ไม่ได้ห่อหุ้มสำหรับทดสอบหรือจำลองโครงข่ายตัวกรอง

สำหรับการจัดเครื่องมือทดสอบแต่ละครั้ง สวิตช์ใดๆ ในวงจรปฐมภูมิและมักใช้งานในการทำงานตามปกติ ให้เปิดหรือปิดในทุกลักษณะที่เป็นไปได้ของการทำงานร่วมกัน

หลังใช้ภาวะการทดสอบแต่ละภาวะ ให้ทำให้บริษัทคืนสภาพเดิมคือไม่มีความผิดพร่องหรือเสียหาย

5.1.6 การวัด

วัดค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้า U_2 โดยใช้เครื่องวัดตามรูปที่ ง.1 และวัดค่ากระแส r.m.s. โดยใช้เครื่องวัดตามรูปที่ ง.2

เครื่องวัดตามรูปที่ ง.1 ให้ความแม่นยำมากกว่าเครื่องวัดตามรูปที่ ง.2 ถ้ารูปคลื่นไม่เป็นไซน์ชอยด์และความถี่มูลฐานเกิน 100 เฮิร์ตซ์

อีกทางเลือกหนึ่ง ให้วัดค่ายอดของแรงดันไฟฟ้า U_2 โดยใช้เครื่องวัดตามข้อ ง.1

ถ้าวัดแรงดันไฟฟ้า U_2 โดยใช้เครื่องวัดตามข้อ ง.1 ใช้การคำนวณต่อไปนี้

$$\text{กระแสไฟฟ้าสัมผัส (A)} = U_2 / 500$$

หมายเหตุ ถึงแม้ว่าโดยปกตินิยมวัดค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าสัมผัส แต่ค่ายอดจะแสดงสหสัมพันธ์การตอบสนองของร่างกายมนุษย์กับรูปคลื่นกระแสไม่เป็นไซน์ชอยด์ได้ดีกว่า

ต้องไม่มีค่าที่วัดได้ตามข้อ 5.1.6 ค่าใดเกินขีดจำกัดที่เกี่ยวข้องในตารางที่ 5ก ยกเว้นที่ยอมให้ตามข้อ 5.1.7

ตารางที่ 5ก กระแสไฟฟ้าสูงสุด
(ข้อ 5.1.6 และข้อ 5.1.8.2)

แบบของบริภัณฑ์	ขั้วต่อ A ของเครื่องวัด ต่อเข้ากับ	กระแสไฟฟ้าสัมผัส สูงสุด mA r.m.s ¹⁾	กระแสไฟฟ้า ตัวนำป้องกันสูงสุด
บริภัณฑ์ทุกประเภท	ส่วนที่แตะต้องถึงและวงจร ที่ไม่ได้ต่อกับดินป้องกัน	0.25	–
บริภัณฑ์มือถือ	ขั้วต่อลงดินป้องกันหลัก ของบริภัณฑ์ (ถ้ามี)	0.75	–
บริภัณฑ์เคลื่อนย้ายได้ (นอกเหนือจากบริภัณฑ์มือถือ แต่รวมถึงบริภัณฑ์ขนย้ายได้)		3.5	–
บริภัณฑ์ประจำที่ บริภัณฑ์เสียบได้แบบ A		3.5	
บริภัณฑ์ประจำที่อื่น ๆ – ไม่เกี่ยวกับเงื่อนไขข้อ 5.1.7 – เกี่ยวกับเงื่อนไขข้อ 5.1.7		3.5 –	– ร้อยละ 5 ของ กระแสไฟฟ้าเข้า
1) ถ้าวัดค่ายอดของกระแสไฟฟ้าสัมผัส ค่าวนค่าสูงสุดได้โดยการคูณค่ารากกำลังสองเฉลี่ยในตารางด้วย 1.414			

5.1.7 บริภัณฑ์ที่มีกระแสไฟฟ้าสัมผัสเกิน 3.5 มิลลิแอมแปร์

บริภัณฑ์ที่ต่ออย่างถาวรใช้ประจำที่ หรือบริภัณฑ์เสียบได้แบบ B ใช้ประจำที่ ที่มีขั้วต่อลงดินป้องกันหลัก ถ้ากระแสไฟฟ้าสัมผัสเกิน 3.5 มิลลิแอมแปร์ ค่ารากกำลังสองเฉลี่ย ต้องเป็นไปตามเงื่อนไขต่อไปนี้ทั้งหมด

- ค่ากระแสไฟฟ้าตัวนำป้องกัน r.m.s. ต้องไม่เกินร้อยละ 5 ของกระแสไฟฟ้าเข้าต่อเฟสภายใต้ภาวะการทำงานปกติ ในกรณีที่โหลดไม่สมดุลต้องใช้ค่ากระแสไฟฟ้าในสายที่มีค่าสูงที่สุดสำหรับการคำนวณนี้ ในการวัดกระแสไฟฟ้าตัวนำป้องกัน ให้ใช้วิธีการวัดกระแสไฟฟ้าสัมผัสแทนที่เครื่องวัดด้วยมาตรกระแสไฟฟ้าที่มีค่าอิมพีแดนซ์ที่ละเอียดได้ และ
- พื้นที่หน้าตัดของตัวนำเชื่อมต่อป้องกันต้องไม่น้อยกว่าของตัวนำในตารางที่ 3ข (ดูข้อ 3.2.5) โดยมีขนาดไม่น้อยกว่า 1.0 ตารางมิลลิเมตรในส่วนที่มีกระแสไฟฟ้าตัวนำป้องกันสูง และ
- ต้องติดฉลากที่มีค่าเตือนต่อไปนี้แบบใดแบบหนึ่งหรือมีข้อความคล้ายกัน ใกล้กับส่วนที่ต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับของบริภัณฑ์

คำเตือน
กระแสไฟฟ้ารั่วสูง
จำเป็นต้องต่อลงดิน
ก่อนต่อแหล่งจ่าย

คำเตือน
กระแสไฟฟ้าสัมผัสสูง
จำเป็นต้องต่อลงดิน
ก่อนต่อแหล่งจ่าย

หมายเหตุ ให้พิจารณา IEC 60364-7-707 เพิ่มเติม
การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด

5.1.8 กระแสไฟฟ้าสัมผัสเข้าสู่โครงข่ายโทรคมนาคมและระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล และออกจากโครงข่ายโทรคมนาคม

หมายเหตุ ในข้อนี้ การอ้างถึง “ช่องทางต่อโครงข่ายโทรคมนาคม” (หรือช่องทางโทรคมนาคม) มีเจตนาให้ครอบคลุมถึงจุดต่อที่มีเจตนาให้ต่อโครงข่ายโทรคมนาคมหนึ่ง การอ้างถึงดังกล่าวไม่มีเจตนาให้รวมถึงช่องทางข้อมูลอื่น เช่น ช่องทางที่ระบุโดยทั่วไปว่าช่องทางข้อมูลอนุกรม ช่องทางข้อมูลขนาน แผงแป้นอักขระ เกมส์ ก้านควบคุม

5.1.8.1 ขีดจำกัดของกระแสไฟฟ้าสัมผัสเข้าสู่โครงข่ายโทรคมนาคมและระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล กรณีป้องกันบริษัทด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ ต้องจำกัดกระแสไฟฟ้าสัมผัสที่ออกจากบริษัทเข้าสู่โครงข่ายโทรคมนาคมหรือระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล

การตรวจสอบให้ทำโดยใช้วงจรทดสอบตามข้อ 5.1.3

ไม่ต้องทดสอบกับบริษัทซึ่งวงจรที่ต้องต่อเข้ากับโครงข่ายโทรคมนาคมหรือระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิลและต่ออยู่กับขั้วต่อลงดินป้องกันในบริษัท กระแสไฟฟ้าสัมผัสจากบริษัทที่ทดสอบเข้าสู่โครงข่ายโทรคมนาคมหรือระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิลถือว่าเป็นศูนย์

สำหรับบริษัทที่มีวงจรที่ต้องต่อเข้ากับโครงข่ายโทรคมนาคมหรือระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิลมากกว่า 1 วงจร ให้ทดสอบเพียงหนึ่งตัวอย่างต่อแบบวงจรแต่ละแบบเท่านั้น

สำหรับบริษัทที่ไม่มีขั้วต่อลงดินป้องกันหลัก ให้เปิดวงจรสวิตช์ตัวนำลงดิน e ถ้าสวิตช์ต่อเข้ากับขั้วต่อลงดินตามหน้าที่บนบริษัท ส่วนในกรณีอื่นให้ปิดวงจร

ต่อขั้วต่อ B ของเครื่องวัดเข้ากับตัวนำลงดิน (สายกลาง) ของแหล่งจ่าย ต่อขั้วต่อ A ผ่านทางสวิตช์ s และสวิตช์ p2 เข้ากับช่องทางต่อโครงข่ายโทรคมนาคมหรือระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล

สำหรับบริษัทเฟสเดียว ให้ทดสอบทุกแบบการทำงานร่วมกันของสวิตช์ p1 และ p2

สำหรับบริษัท 3 เฟส ให้ทดสอบทั้งสองตำแหน่งของสวิตช์ p2

ภายหลังการทดสอบแต่ละภาวะ ให้ทำให้บริษัทคืนสถานะการทำงานเดิม

ให้วัดโดยใช้เครื่องวัดแบบใดแบบหนึ่งตามภาคผนวก ง. ที่อธิบายไว้ในข้อ 5.1.6

ค่าที่วัดได้ตามข้อ 5.1.8.1 ต้องไม่มีค่าใดเกิน 0.25 มิลลิแอมแปร์ ค่ารากกำลังสองเฉลี่ย

5.1.8.2 ผลรวมของกระแสไฟฟ้าสัมผัสจากโครงข่ายโทรคมนาคม

หมายเหตุ ภาคผนวก น. อธิบายพื้นหลังของข้อ 5.1.8.2

บริษัทที่ทดสอบที่มีช่องทางต่อโครงข่ายโทรคมนาคมสำหรับต่อบริษัทโทรคมนาคมอื่นหลายรายการ ต้องไม่เกิดอันตรายต่อผู้ใช้และผู้ซ่อมบำรุงโครงข่ายโทรคมนาคมเนื่องจากผลรวมของกระแสไฟฟ้าสัมผัส

ในข้อกำหนด คำย่อที่ใช้มีความหมายดังต่อไปนี้

- I_1 คือ กระแสไฟฟ้าสัมผัสที่ได้รับจากบริษัทอื่นผ่านทางโครงข่ายโทรคมนาคมที่ช่องทางโทรคมนาคมของบริษัทที่ทดสอบ
- ΣI_1 คือ ผลรวมของกระแสไฟฟ้าสัมผัสที่ได้รับจากบริษัทอื่นที่ช่องทางโทรคมนาคมดังกล่าวทั้งหมดของบริษัทที่ทดสอบ
- I_2 คือ กระแสไฟฟ้าสัมผัสที่เกิดจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับของบริษัทที่ทดสอบ

ให้สมมุติว่าช่องทางโทรคมนาคมแต่ละช่องทางรับกระแสไฟฟ้า 0.25 มิลลิแอมแปร์ (I_1) จากบริษัทอื่น นอกจากจะทราบว่าการกระแสไฟฟ้าจริงจากบริษัทอื่นมีค่าต่ำกว่า
ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ ก) หรือข้อ ข) ตามความเหมาะสม

ก) บริษัทที่ทดสอบที่มีช่องทางโทรคมนาคมต่อลงดิน

สำหรับบริษัทที่ทดสอบซึ่งช่องทางโทรคมนาคมแต่ละช่องทางต่ออยู่กับขั้วต่อลงดินป้องกัน
หลักของบริษัทที่ทดสอบ ต้องพิจารณารายการ 1) รายการ 2) และรายการ 3) ต่อไปนี้

1) ถ้า ΣI_1 (ไม่รวม I_2) เกิน 3.5 มิลลิแอมแปร์

- บริษัทต้องมีการเตรียมการสำหรับต่ออย่างถาวรเข้ากับดินป้องกันเพิ่มเติมจากตัวนำ
ต่อลงดินป้องกันในสายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้าของบริษัทเสียบได้แบบ A หรือ B และ
- ข้อเสนอแนะการติดตั้งต้องระบุการเตรียมการเพื่อต่อถาวรเข้ากับดินป้องกันที่มีพื้นที่หน้า
ตัดไม่น้อยกว่า 2.5 ตารางมิลลิเมตร ถ้ามีการป้องกันทางกล หรือ 4.0 ตารางมิลลิเมตร
และ
- ต้องติดฉลากแบบใดแบบหนึ่งดังต่อไปนี้ หรือที่มีข้อความคล้ายกัน ไว้ใกล้กับส่วนที่ต่อ
ลงดินถาวร ยอมให้รวมข้อความฉลากนี้เข้ากับฉลากในข้อ 5.1.7

คำเตือน	คำเตือน
กระแสไฟฟ้ารั่วสูง	กระแสไฟฟ้าสัมผัสสูง
จำเป็นต้องต่อลงดิน	จำเป็นต้องต่อลงดิน
ก่อนต่อโครงข่ายโทรคมนาคม	ก่อนต่อโครงข่ายโทรคมนาคม

2) ΣI_1 รวมกับ I_2 ต้องเป็นไปตามขีดจำกัดในตารางที่ 5ก (ดูข้อ 5.1.6)

3) ในกรณีเกี่ยวเนื่อง บริษัทดังกล่าวต้องเป็นไปตามข้อ 5.1.7 ต้องใช้ค่า I_2 ในการคำนวณ
ขีดจำกัดร้อยละ 5 ของกระแสไฟฟ้าเข้าต่อเฟส

การตรวจสอบการเป็นไปตามข้อ ก) ให้ทำโดยการตรวจพินิจและถ้าจำเป็นโดยการทดสอบ

ถ้าบริษัทมีการเตรียมการเพื่อการต่อลงดินป้องกันถาวรตามรายการ 1) ข้างต้น ไม่จำเป็นต้อง
วัดค่าใดๆ ยกเว้น I_2 ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องในข้อ 5.1

ทดสอบกระแสไฟฟ้าสัมผัส (ถ้าจำเป็น) โดยใช้เครื่องวัดที่เกี่ยวข้องเนื่องตามภาคผนวก ง. หรือ
เครื่องวัดอื่นที่ให้ผลเหมือนกัน ป้อนแหล่งจ่ายกระแสสลับซึ่งต่อคู่ควบตัวเก็บประจุไฟฟ้า (a
capacitively coupled a.c. source) ที่มีความถี่และเฟสเช่นเดียวกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธาน
กระแสสลับให้แก่ช่องทางโทรคมนาคมแต่ละช่องทางจนกระทั่งกระแสไฟฟ้า 0.25 มิลลิแอมแปร์
หรือกระแสจริงจากบริษัทอื่น (ถ้าทราบว่ามีค่าน้อยกว่า) ผ่านเข้าไปยังช่องทางโทรคมนาคม
นั้น แล้วจึงวัดกระแสที่ไหลในตัวนำต่อลงดิน

ข) บริษัทที่ทดสอบซึ่งช่องทางโทรคมนาคมไม่อ้างอิงดินป้องกัน

ถ้าช่องทางโทรคมนาคมบนบริษัทที่ทดสอบไม่มีการต่อร่วม ช่องทางโทรคมนาคมแต่ละช่อง
ทางต้องเป็นไปตามข้อ 5.1.8.1

ถ้าช่องทางโทรคมนาคมทุกช่องหรือกลุ่มใดๆ ของช่องทางดังกล่าวมีการต่อร่วม กระแสไฟฟ้า
สัมผัสรวมทั้งหมดจากการต่อร่วมต้องไม่เกิน 3.5 มิลลิแอมแปร์

การตรวจสอบการเป็นไปตามข้อ ข) ให้ทำโดยการตรวจพินิจและถ้าจำเป็นโดยการทดสอบตามข้อ 5.1.8.1 หรือถ้ามีจุดต่อร่วมให้ทดสอบต่อไปนี้

ป้อนแหล่งจ่ายกระแสสลับซึ่งต่อควบคู่กับตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่มีความถี่และเฟสเช่นเดียวกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับให้แก่ช่องทางโทรคมนาคมแต่ละช่องทางจนกระทั่งกระแสไฟฟ้า 0.25 มิลลิแอมแปร์หรือกระแสจริงจากบริษัทอื่น (ถ้าทราบว่ามีค่าน้อยกว่า) ผ่านเข้าไปยังช่องทางโทรคมนาคมนั้น ให้ทดสอบจุดต่อร่วมตามข้อ 5.1 ไม่ว่าจุดนั้นจะแตะต้องถึงหรือไม่

5.2 ความทนทานไฟฟ้า

หมายเหตุ เมื่อมีการอ้างอิงโดยเฉพาะเพื่อทำการทดสอบความทนทานไฟฟ้าตามข้อ 5.2 ในส่วนอื่นๆ ของมาตรฐานนี้ มีเจตนาให้ทดสอบกับบริษัทที่อยู่ในภาวะร้อนคงที่แล้วตามที่ระบุในข้อ 5.2.1

เมื่อมีการอ้างอิงการทดสอบความทนทานไฟฟ้าตามข้อ 5.2.2 ในส่วนอื่นๆ ของมาตรฐานนี้ เจตนาให้ทดสอบโดยไม่ต้องทำให้ร้อนก่อนตามที่ระบุในข้อ 5.2.1

5.2.1 ทัวไป

ความทนทานไฟฟ้าของวัสดุฉนวนต้นที่ใช้ภายในบริษัทต้องเพียงพอ

การตรวจสอบให้ทำตามข้อ 5.2.2 ทันทีภายหลังการทดสอบในข้อ 4.5.1 ในขณะที่บริษัทยังคงอยู่ในภาวะร้อนคงที่แล้ว

ถ้าทดสอบส่วนประกอบหรือชุดประกอบย่อยแยกต่างหากนอกบริษัท ต้องทำให้ส่วนเหล่านั้นมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิที่วัดได้ระหว่างการทดสอบการเกิดความร้อนตามข้อ 4.5.1 (เช่น วางส่วนเหล่านั้นในตู้อบ) ก่อนการทดสอบความทนทานไฟฟ้า อย่างไรก็ตามยอมให้ทดสอบความทนทานไฟฟ้าของวัสดุแผ่นบางสำหรับฉนวนเพิ่มเติม หรือฉนวนเสริมที่กล่าวไว้ในข้อ 2.10.5.2 ได้ที่อุณหภูมิห้อง

5.2.2 วิธีทดสอบ

ทดสอบฉนวนด้วยแรงดันไฟฟ้าที่มีรูปคลื่นใกล้เคียงไซน์ซอซด์ที่มีความถี่ 50 เฮิร์ตซ์หรือ 60 เฮิร์ตซ์ หรือทดสอบด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่าเท่ากับค่ายอดของแรงดันไฟฟ้าทดสอบกระแสสลับที่กำหนด หากไม่มีการระบุเพิ่มเติมในส่วนอื่นๆ ของมาตรฐานนี้ แรงดันไฟฟ้าทดสอบให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5x สำหรับชั้นของฉนวนที่เหมาะสม (ตามหน้าที่ มูลฐาน เพิ่มเติม หรือเสริม) และแรงดันไฟฟ้าทำงาน (U) คร่อมฉนวนตามที่กล่าวไว้ในข้อ 2.10.2 ให้ใช้ค่ากระแสตรงของแรงดันไฟฟ้าทำงานสำหรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง และใช้ค่ายอดสำหรับแรงดันไฟฟ้าประเภทอื่น

ให้เพิ่มแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่ฉนวนในการทดสอบทีละน้อยจากศูนย์ถึงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด แล้วคงไว้ที่ค่านั้นเป็นเวลา 60 วินาที

หมายเหตุ 1. สำหรับการทดสอบประจำที่ระบุในมาตรฐานนี้ ยอมให้ลดระยะเวลาในการทดสอบความทนทานไฟฟ้าลงเหลือ 1 วินาที

ต้องไม่มีการเสียหายฉับพลันของฉนวนในระหว่างการทดสอบ

การเสียหายฉับพลันของฉนวนถือว่าเกิดขึ้นเมื่อกระแสไฟฟ้าซึ่งไหลเนื่องจากผลของการป้อนแรงดันไฟฟ้าทดสอบ ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในลักษณะที่ควบคุมไม่ได้ นั่นคือฉนวนไม่สามารถจำกัดการไหลของกระแสไฟฟ้าได้ การปล่อยประจุคอโรนาหรือการวาวไฟตามผิวชั่วคราวไม่ถือว่าเป็นการเสียหายฉับพลันของฉนวน

การเคลือบด้วยวัสดุฉนวนให้ทดสอบกับโลหะเปลวที่สัมผัสกับพื้นผิวฉนวน วิธีนี้จำกัดเฉพาะบริเวณที่ฉนวนน่าจะเป็นจุดอ่อน เช่น ตรงที่มีขอบคมของโลหะอยู่ใต้ฉนวน หากปฏิบัติได้ให้ทดสอบฉนวนบุ (insulating linings) แยกต่างหาก ต้องระวังให้โลหะเปลววางในลักษณะที่ไม่เกิดการวางไฟตามผิวที่ขอบของฉนวน ในกรณีที่ใช้โลหะเปลวแบบมีสารยึดติด สารยึดติดต้องนำไฟฟ้าได้

เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายที่จะเกิดกับส่วนประกอบหรือฉนวนซึ่งไม่เกี่ยวข้องในการทดสอบ ยอมให้ปลดวงจรรวมหรือสิ่งที่คล้ายกัน และใช้การเชื่อมต่อเพื่อให้ศักรย์เท่ากัน

สำหรับบริเวณที่มีทั้งฉนวนเสริมและฉนวนชั้นต่ำกว่า ต้องระวังไม่ให้แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้ฉนวนเสริมสร้างความเค้นทางไฟฟ้าที่มากเกินไปให้ฉนวนมูลฐานหรือฉนวนเพิ่มเติม

หมายเหตุ 2. ในกรณีที่มิ้วเก็บประจุพร้อมฉนวนที่ทดสอบ (เช่น ตัวเก็บประจุรองความถี่วิทยุ) แนะนำให้ใช้แรงดันไฟฟ้าทดสอบกระแสตรง

หมายเหตุ 3. ควรปลดวงจรส่วนประกอบที่มีเส้นทางกระแสตรงขนานกับฉนวนที่ทดสอบ เช่น ตัวต้านทานการปล่อยประจุสำหรับตัวเก็บประจุรอง และอุปกรณ์จำกัดแรงดันไฟฟ้า

ในกรณีที่ฉนวนของขดลวดหม้อแปลงแปรผันไปตามความยาวของขดลวดตามข้อ 2.10.10 ให้ใช้วิธีทดสอบความทนทานไฟฟ้าที่ให้ความเค้นทางไฟฟ้าแก่ฉนวนตามควรเป็นกรณีไป

หมายเหตุ 4. ตัวอย่างของวิธีทดสอบดังกล่าว ได้แก่ การทดสอบโดยใช้แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่มีความถี่สูงเพียงพอที่จะหลีกเลี่ยงการอิ่มตัวของหม้อแปลง เพิ่มแรงดันไฟฟ้าเข้าจนกระทั่งเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าขาออกให้มีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าทดสอบที่ต้องการ

ไม่ต้องทดสอบฉนวนตามหน้าที่ เว้นแต่ได้เลือกข้อ 5.3.4 ข)

ตารางที่ 5x แรงดันไฟฟ้าทดสอบสำหรับการทดสอบความทนทานไฟฟ้า

(ข้อ 5.2.2)

ส่วนที่ 1

ชั้นของ ฉนวน	จุดที่ป้อน (ตามความเหมาะสม)						
	วงจรปฐมภูมิกับตัวบริภัณฑ์ วงจรปฐมภูมิกับวงจรทุติยภูมิ ระหว่างส่วนต่าง ๆ ในวงจรปฐมภูมิ					วงจรทุติยภูมิกับตัวบริภัณฑ์ ระหว่างวงจรทุติยภูมิอิสระ	
	แรงดันไฟฟ้าทำงาน					แรงดันไฟฟ้าทำงาน	
	$U \leq 184 \text{ V}$ ค่ายอด หรือ d.c. ²⁾	$184 \text{ V} < U \leq 354 \text{ V}$ ค่ายอด หรือ d.c. ³⁾	$354 \text{ V} < U \leq 1.41 \text{ kV}$ ค่ายอด หรือ d.c.	$1.41 \text{ kV} < U \leq 10 \text{ kV}$ ค่ายอด หรือ d.c. ⁴⁾	$10 \text{ kV} < U \leq 50 \text{ kV}$ ค่ายอด หรือ d.c.	$U \leq 42.4 \text{ V}$ ค่ายอด หรือ 60 V d.c. ⁵⁾	42.4 V ค่ายอด หรือ 60 V d.c. < $U \leq 10 \text{ kV}$ ค่ายอด หรือ d.c. ⁵⁾
	แรงดันไฟฟ้าทดสอบ V r.m.s. ¹⁾					แรงดันไฟฟ้าทดสอบ V r.m.s. ¹⁾	
ตามหน้าที่	1 000	1 500	ดู V_a ใน ตารางที่ 5x ส่วนที่ 2	ดู V_a ใน ตารางที่ 5x ส่วนที่ 2	$1.06 U$	500	ดู V_a ใน ตารางที่ 5x ส่วนที่ 2
มูลฐาน เพิ่มเติม	1 000	1 500	ดู V_a ใน ตารางที่ 5x ส่วนที่ 2	ดู V_a ใน ตารางที่ 5x ส่วนที่ 2	$1.06 U$	ไม่ทดสอบ	ดู V_a ใน ตารางที่ 5x ส่วนที่ 2
เสริม	2 000	3 000	3 000	ดู V_a ใน ตารางที่ 5x ส่วนที่ 2	$1.06 U$	ไม่ทดสอบ	ดู V_a ใน ตารางที่ 5x ส่วนที่ 2
¹⁾ สำหรับแรงดันไฟฟ้าทำงานที่เกิน 10 kV ค่ายอดหรือกระแสตรงในวงจรทุติยภูมิใช้แรงดันไฟฟ้าทดสอบค่าเดียวกับค่าที่กำหนดไว้สำหรับวงจรปฐมภูมิ ²⁾ ใช้สัดมันกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรงไม่เกิน 184 V และมีแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธาน ³⁾ ใช้สัดมันกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรงเกิน 184 V แต่ไม่เกิน 354 V และมีแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธาน ⁴⁾ ใช้สัดมันกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรงเกิน 354 V และมีแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธาน ⁵⁾ ใช้สัดมันกับกระแสตรงที่เกิดขึ้นภายในตัวบริภัณฑ์จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ หรือกระแสตรงที่เกิดขึ้นจากบริภัณฑ์อื่นในอาคารเดียวกัน							

ตารางที่ 5x แรงดันไฟฟ้าทดสอบสำหรับการทดสอบความทนทานไฟฟ้า
ส่วนที่ 2

U ค่ายอดหรือ d.c.	V_a r.m.s.	V_b r.m.s.	U ค่ายอดหรือ d.c.	V_a r.m.s.	V_b r.m.s.	U ค่ายอดหรือ d.c.	V_a r.m.s.	V_b r.m.s.
34	500	800	250	1 261	2 018	1 750	3 257	3 257
35	507	811	260	1 285	2 055	1 800	3 320	3 320
36	513	821	270	1 307	2 092	1 900	3 444	3 444
38	526	842	280	1 330	2 127	2 000	3 566	3 566
40	539	863	290	1 351	2 162	2 100	3 685	3 685
42	551	882	300	1 373	2 196	2 200	3 803	3 803
44	564	902	310	1 394	2 230	2 300	3 920	3 920
46	575	920	320	1 414	2 263	2 400	4 034	4 034
48	587	939	330	1 435	2 296	2 500	4 147	4 147
50	598	957	340	1 455	2 328	2 600	4 259	4 259
52	609	974	350	1 474	2 359	2 700	4 369	4 369
54	620	991	360	1 494	2 390	2 800	4 478	4 478
56	630	1 008	380	1 532	2 451	2 900	4 586	4 586
58	641	1 025	400	1 569	2 510	3 000	4 693	4 693
60	651	1 041	420	1 605	2 567	3 100	4 798	4 798
62	661	1 057	440	1 640	2 623	3 200	4 902	4 902
64	670	1 073	460	1 674	2 678	3 300	5 006	5 006
66	680	1 088	480	1 707	2 731	3 400	5 108	5 108
68	690	1 103	500	1 740	2 784	3 500	5 209	5 209
70	699	1 118	520	1 772	2 835	3 600	5 309	5 309
72	708	1 133	540	1 803	2 885	3 800	5 507	5 507
74	717	1 147	560	1 834	2 934	4 000	5 702	5 702
76	726	1 162	580	1 864	2 982	4 200	5 894	5 894
78	735	1 176	588	1 875	3 000	4 400	6 082	6 082
80	744	1 190	600	1 893	3 000	4 600	6 268	6 268
85	765	1 224	620	1 922	3 000	4 800	6 452	6 452
90	785	1 257	640	1 951	3 000	5 000	6 633	6 633
95	805	1 288	660	1 979	3 000	5 200	6 811	6 811
100	825	1 319	680	2 006	3 000	5 400	6 987	6 987
105	844	1 350	700	2 034	3 000	5 600	7 162	7 162
110	862	1 379	720	2 060	3 000	5 800	7 334	7 334
115	880	1 408	740	2 087	3 000	6 000	7 504	7 504
120	897	1 436	760	2 113	3 000	6 200	7 673	7 673
125	915	1 463	780	2 138	3 000	6 400	7 840	7 840
130	931	1 490	800	2 164	3 000	6 600	8 005	8 005
135	948	1 517	850	2 225	3 000	6 800	8 168	8 168
140	964	1 542	900	2 285	3 000	7 000	8 330	8 330
145	980	1 568	950	2 343	3 000	7 200	8 491	8 491
150	995	1 593	1 000	2 399	3 000	7 400	8 650	8 650
152	1 000	1 600	1 050	2 454	3 000	7 600	8 807	8 807
¹⁾ 155	1 000	1 617	1 100	2 508	3 000	7 800	8 964	8 964
¹⁾ 160	1 000	1 641	1 150	2 560	3 000	8 000	9 119	9 119
¹⁾ 165	1 000	1 664	1 200	2 611	3 000	8 200	9 273	9 273
¹⁾ 170	1 000	1 688	1 250	2 661	3 000	8 400	9 425	9 425
¹⁾ 175	1 000	1 711	1 300	2 710	3 000	8 600	9 577	9 577
¹⁾ 180	1 000	1 733	1 350	2 758	3 000	8 800	9 727	9 727
¹⁾ 184	1 000	1 751	1 400	2 805	3 000	9 000	9 876	9 876
185	1 097	1 755	1 410	2 814	3 000	9 200	10 024	10 024
190	1 111	1 777	1 450	2 868	3 000	9 400	10 171	10 171
200	1 137	1 820	1 500	2 934	3 000	9 600	10 317	10 317
210	1 163	1 861	1 550	3 000	3 000	9 800	10 463	10 463
220	1 189	1 902	1 600	3 065	3 065	10 000	10 607	10 607
230	1 214	1 942	1 650	3 130	3 130			
240	1 238	1 980	1 700	3 194	3 194			

¹⁾ ที่แรงดันไฟฟ้าเหล่านี้ ค่า V_b หาได้โดยเส้นโค้งทั่วไป $V_b = 155.86 U^{0.4638}$ และไม่ใช่ $1.6 V_a$

²⁾ ยอมให้ใช้การประมาณค่าในช่วงระหว่างค่าที่ใกล้กันที่สุด 2 ค่าในตารางได้

5.3 ภาวะการทำงานผิดปกติและภาวะผิดปกติ

5.3.1 การป้องกันการทำงานโหลดเกินและผิดปกติ

ต้องออกแบบระบบบริภัณฑ์ในลักษณะที่จำกัดความเสี่ยงของการเกิดไฟไหม้หรือช็อกไฟฟ้าเนื่องจากความล้มเหลวหรือการเกินโหลดทางไฟฟ้าหรือทางกล หรือเนื่องจากการทำงานผิดปกติหรือการใช้งานโดยขาดความระมัดระวัง ไว้ให้เกิดน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

ภายหลังการทำงานผิดปกติหรือความผิดปกติเดียว (ดูข้อ 1.4.14) บริภัณฑ์ต้องยังคงปลอดภัยสำหรับผู้ใช้งานภายในความหมายของมาตรฐานนี้ แต่ไม่จำเป็นว่าบริภัณฑ์ต้องยังคงทำงานได้อย่างสมบูรณ์ ยอมให้ใช้ฟิวส์หลอมละลาย คัดเอาต์ความร้อน อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน และสิ่งที่คล้ายกัน ที่ให้การป้องกันที่เพียงพอ

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและโดยการทดสอบตามข้อ 5.3 ก่อนเริ่มการทดสอบแต่ละรายการ ให้ตรวจสอบว่าบริภัณฑ์ทำงานเป็นปกติ

ถ้าส่วนประกอบหรือชุดประกอบย่อยมีเปลี่ยนทำให้ไม่สามารถลัดวงจรหรือปลดวงจรตามที่ระบุไว้ในข้อ 5.3 หรือยากที่จะดำเนินการโดยไม่ทำให้บริภัณฑ์เสียหาย ยอมให้ทดสอบกับชิ้นส่วนตัวอย่างที่มีสายต่อพิเศษ ถ้าทำไม่ได้หรือไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ ส่วนประกอบหรือชุดประกอบย่อยทั้งชุดต้องเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบ

ให้ทดสอบบริภัณฑ์ด้วยภาวะใดๆ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในการใช้งานปกติและการใช้งานผิดที่คาดการณ์ล่วงหน้าได้

นอกจากนี้ ให้ทดสอบบริภัณฑ์ที่มีฝาปิดป้องกันโดยให้ฝาปิดป้องกันอยู่ในตำแหน่งภายใต้ภาวะว่าง (idling conditions) จนกระทั่งถึงภาวะคงตัว

5.3.2 มอเตอร์

ภายใต้ภาวะโหลดเกิน ล็อกตัวหมุน และภาวะผิดปกติอื่นๆ มอเตอร์ต้องไม่ทำให้เกิดอันตรายเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงผิดปกติ

หมายเหตุ วิธีการให้ได้มาซึ่งการเป็นไปตามข้อกำหนดข้างต้น อาจทำได้โดย

- การใช้มอเตอร์ซึ่งไม่ร้อนเกินภายใต้ภาวะล็อกตัวหมุน (ป้องกันโดยอิมพีแดนซ์ในตัวหรืออิมพีแดนซ์ภายนอก)
- การใช้วงจรทุติยภูมิของมอเตอร์ซึ่งอาจเกินขีดจำกัดอุณหภูมิที่กำหนดไว้แต่ไม่ก่อให้เกิดอันตราย
- การใช้อุปกรณ์ที่ตอบสนองต่อกระแสมอเตอร์
- การใช้คัดเอาต์ความร้อน
- การใช้วงจรรีบูตซึ่งปลดวงจรกำลังไฟฟ้าออกจากมอเตอร์ในเวลาสั้นเพื่อป้องกันการเกิดความร้อนเกิน เช่น ถ้ามอเตอร์ล้มเหลวที่จะทำงานตามหน้าที่ที่เจตนาไว้

การตรวจสอบให้ทำโดยการทดสอบในรายการที่เกี่ยวข้องในภาคผนวก ข.

5.3.3 หม้อแปลง

หม้อแปลงต้องมียุทธวิธีการป้องกันโหลดเกิน เช่น

- การป้องกันกระแสเกิน
- คัดเอาต์ความร้อนภายใน
- การใช้หม้อแปลงจำกัดกระแส

การตรวจสอบให้ทำโดยการทดสอบในรายการที่เกี่ยวข้องในข้อ ค.1

5.3.4 ฉนวนตามหน้าที่

ระยะห่างตามผิวฉนวนและระยะห่างในอากาศของฉนวนตามหน้าที่ ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ ก) ข) หรือ ค) ข้อใดข้อหนึ่ง

ระยะห่างตามผิวฉนวนและระยะห่างในอากาศของฉนวนระหว่างวงจรทุติยภูมิกับส่วนตัวนำที่แตะต้องไม่ถึงที่ต่อลงดินด้วยเหตุผลตามหน้าที่ ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ ก) ข) หรือ ค)

ก) เป็นไปตามข้อกำหนดด้านระยะห่างตามผิวฉนวนและระยะห่างในอากาศสำหรับฉนวนตามหน้าที่ ในข้อ 2.10

ข) ฉนวนเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบความทนทานไฟฟ้าสำหรับฉนวนตามหน้าที่ในข้อ 5.2.2

ค) ลัดวงจรฉนวน ในกรณีการลัดวงจรอาจทำให้เกิด

- การร้อนเกินของวัสดุใดๆ ที่เพิ่มความเสี่ยงของไฟ นอกจากว่าวัสดุซึ่งอาจร้อนเกินมีสภาพการเกิดเปลวไฟได้ประเภท V-1 หรือ
- ความเสียหายทางความร้อนของฉนวนมูลฐาน ฉนวนเพิ่มเติม หรือฉนวนเสริม ซึ่งเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดช็อกไฟฟ้า

เกณฑ์การเป็นไปตามข้อกำหนดของข้อ 5.3.4 ค) อยู่ในข้อ 5.3.8

5.3.5 ส่วนประกอบทางกลไฟฟ้า

ในกรณีที่อันตรายมักเกิดขึ้น ให้ทดสอบส่วนประกอบทางกลไฟฟ้านอกเหนือจากมอเตอร์ตามข้อ 5.3.1 โดยการใช้เงื่อนไขต่อไปนี้

- ต้องล็อกการเคลื่อนที่ทางกลไว้ในตำแหน่งที่ส่งผลเสียมากที่สุด ในขณะที่ส่วนประกอบได้รับพลังงานไฟฟ้าตามปกติ และ
- ในกรณีของส่วนประกอบซึ่งตามปกติได้รับพลังงานไฟฟ้าเป็นพักๆ ให้จำลองภาวะผัดพร่องขึ้นในวงจรขับเพื่อให้ส่วนประกอบได้รับพลังงานไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง

ระยะเวลาของการทดสอบแต่ละรายการต้องเป็นดังนี้

- บริภัณฑ์หรือส่วนประกอบซึ่งความล้มเหลวในการทำงานไม่เป็นที่ชัดเจนต่อผู้ใช้เครื่อง : นานเท่าที่จำเป็นที่จะสร้างภาวะคงตัวหรือจนกระทั่งวงจรถูกตัดเนื่องจากผลที่ตามมาของภาวะผัดพร่องที่จำลองขึ้น แล้วแต่ระยะเวลาใดจะสั้นกว่า และ
- บริภัณฑ์หรือส่วนประกอบอื่น : 5 นาที หรือจนกระทั่งวงจรถูกตัดเนื่องจากความล้มเหลวของส่วนประกอบ (เช่น ไหม้ไฟ) หรือจนกระทั่งเกิดผลที่ตามมาของภาวะผัดพร่องที่จำลองขึ้น แล้วแต่ระยะเวลาใดจะสั้นกว่า

เกณฑ์การเป็นไปตามข้อกำหนดให้ดูข้อ 5.3.8

5.3.6 การจำลองภาวะผัดพร่อง

สำหรับส่วนประกอบและวงจรนอกเหนือจากที่ครอบคลุมโดยข้อ 5.3.2 ข้อ 5.3.3 และข้อ 5.3.5 การตรวจสอบให้ทำโดยการจำลองภาวะผัดพร่องเดี่ยว (ดูข้อ 1.4.14)

ให้จำลองภาวะผัดพร่องดังต่อไปนี้

- ก) ลัดวงจรหรือปลดส่วนประกอบใด ๆ ในวงจรปฐมภูมิ
- ข) ลัดวงจรหรือปลดส่วนประกอบใด ๆ ซึ่งความล้มเหลวอาจส่งผลกระทบต่อฉนวนเพิ่มเติมหรือฉนวนเสริม
- ค) ลัดวงจร ปลดวงจร หรือใช้โหลดเกินของส่วนประกอบและชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ยกเว้นส่วนเหล่านั้นเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 4.7.3

หมายเหตุ 1. ภาวะโหลดเกิน ได้แก่ ภาวะใด ๆ ระหว่างภาวะโหลดปกติกับภาวะกระแสสูงสุดจนถึงกระแสลัดวงจร

ง) ความผิดปกติที่เกิดขึ้นจากการต่ออิมพีแดนซ์โหลดที่ให้ผลเร็วที่สุดกับขั้วต่อและตัวต่อซึ่งนำส่งกำลังไฟฟ้าหรือสัญญาณออกจากบริษัท นอกเหนือจากจุดจ่ายกำลังไฟฟ้าหลัก

ในกรณีที่มิจุดจ่ายหลายจุดที่มีวงจรภายในเดียวกัน ให้ทดสอบจุดจ่ายจุดเดียวเท่านั้น

สำหรับส่วนประกอบในวงจรปฐมภูมิที่ต่อกับด้านเข้าหลัก เช่น สายอ่อนป้อนกำลังไฟฟ้า คู่เต้าต่อเครื่องใช้ ส่วนประกอบกรองสัญญาณความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า สวิตช์และสายต่อระหว่างหน่วย ไม่ต้องจำลองภาวะผิดปกติ หากส่วนประกอบนั้นเป็นไปตามข้อ 5.3.4 ก)

หมายเหตุ 2. ส่วนประกอบดังกล่าวยังคงต้องเป็นไปตามข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องของมาตรฐานนี้ รวมข้อ 1.5.1 ข้อ 2.10.5 ข้อ 4.4.3 และข้อ 5.2.2

นอกเหนือจากเกณฑ์การเป็นไปตามข้อกำหนดในข้อ 5.3.8 อุณหภูมิในหม้อแปลงที่ป้อนส่วนประกอบที่ทดสอบต้องไม่เกินค่าที่ระบุในข้อ ค.1 และต้องคำนึงถึงรายละเอียดการยกเว้นในข้อ ค.1 ที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนหม้อแปลง

5.3.7 บริษัทซึ่งไม่ต้องอยู่เฝ้า

บริษัทที่มีเจตนาให้ใช้งานโดยไม่ต้องอยู่เฝ้าและมีเทอร์มอสแตต ตัวจำกัดอุณหภูมิ และคัตเอาต์ความร้อน หรือมีตัวเก็บประจุที่ไม่ได้ป้องกันด้วยฟิวส์หรือสิ่งที่คล้ายกันต่อขนานกับหน้าสัมผัส ให้ทดสอบดังต่อไปนี้

ตรวจสอบเทอร์มอสแตต ตัวจำกัดอุณหภูมิ และคัตเอาต์ความร้อน ว่าเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ ญ.6

ให้บริษัททำงานภายใต้ภาวะที่ระบุในข้อ 4.5.1 และลัดวงจรอุปกรณ์ควบคุมใด ๆ ที่ทำหน้าที่จำกัดอุณหภูมิ ถ้าบริษัทมีเทอร์มอสแตต ตัวจำกัดอุณหภูมิ หรือคัตเอาต์ความร้อนมากกว่า 1 ตัว ให้ลัดวงจรครั้งละ 1 ตัว

ถ้าการตัดกระแสไม่เกิดขึ้น ให้ปิดสวิตช์บริษัทในทันทีที่ถึงภาวะคงตัว และปล่อยให้เย็นลงเท่ากับอุณหภูมิห้องโดยประมาณ

บริษัทที่กำหนดพักไว้สำหรับการทำงานระยะสั้นเท่านั้น ให้ใช้ระยะเวลาทดสอบเท่ากับระยะเวลาใช้งานที่กำหนด

บริษัทที่กำหนดพักไว้สำหรับการทำงานระยะสั้นหรือทำงานเป็นพัก ๆ ให้ทดสอบซ้ำจนถึงภาวะคงตัวโดยไม่ต้องคำนึงถึงเวลาใช้งานที่กำหนด สำหรับการทดสอบนี้ไม่ต้องลัดวงจรเทอร์มอสแตต ตัวจำกัดอุณหภูมิ และคัตเอาต์ความร้อน

ในการทดสอบใด ๆ ถ้าคัตเอาต์ความร้อนตั้งใหม่ด้วยมือทำงานหรือถ้ากระแสถูกตัดก่อนถึงภาวะคงตัว ให้ถือว่าคาบการเกิดความร้อนสิ้นสุด แต่ถ้าการตัดกระแสเกิดเนื่องจากการทำงานของส่วนที่เป็นจุดอ่อนโดยเจตนา ให้ทดสอบซ้ำกับตัวอย่างที่ 2 ทั้งสองตัวอย่างต้องเป็นไปตามภาวะที่ระบุไว้ในข้อ 5.3.8

5.3.8 เกณฑ์การเป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับภาวะการทำงานผิดปกติและภาวะผิดปกติ

5.3.8.1 ในระหว่างการทดสอบ

ในระหว่างการทดสอบข้อ 5.3.4 ค) ข้อ 5.3.5 ข้อ 5.3.6 ข้อ 5.3.7 และข้อ ค.1

- ถ้าเกิดไฟ ต้องไม่ลุกลามพันบริภัณฑ์ และ
- บริภัณฑ์ต้องไม่ส่งกระจายโลหะที่หลอมละลาย และ
- เปลือกหุ้มต้องไม่เสียรูปในลักษณะที่ทำให้ไม่เป็นไปตามข้อ 2.1.1 ข้อ 2.6.1 ข้อ 2.10.3 และข้อ 4.4.1

นอกจากนั้น ในระหว่างการทดสอบข้อ 5.3.6 ค) ถ้าไม่ระบุไว้เป็นอย่างอื่น อุณหภูมิของวัสดุฉนวนนอกเหนือจากวัสดุเทอร์มอพลาสติกต้องไม่เกิน 150 องศาเซลเซียสสำหรับวัสดุประเภท A 165 องศาเซลเซียสสำหรับวัสดุประเภท E 175 องศาเซลเซียสสำหรับวัสดุประเภท B 190 องศาเซลเซียสสำหรับวัสดุประเภท F และ 210 องศาเซลเซียสสำหรับวัสดุประเภท H

ถ้าความล้มเหลวของฉนวนไม่มีผลทำให้แตะต้องถึงแรงดันไฟฟ้าอันตรายหรือระดับพลังงานอันตราย ยอมให้อุณหภูมิสูงสุดเป็น 300 องศาเซลเซียส สำหรับฉนวนที่ทำด้วยวัสดุประเภทแก้วหรือเซรามิกส์ยอมให้อุณหภูมิที่สูงกว่านี้ได้

5.3.8.2 ภายหลังการทดสอบ

ภายหลังการทดสอบข้อ 5.3.4 ค) ข้อ 5.3.5 ข้อ 5.3.6 ข้อ 5.3.7 และข้อ ค.1 ถ้าเกิดภาวะใดๆ ต่อไปนี้

- ระยะห่างในอากาศหรือระยะห่างตามผิวฉนวนลดลงต่ำกว่าค่าที่ระบุไว้ในข้อ 2.10 หรือ
- เห็นความเสียหายของฉนวน หรือ
- ไม่สามารถตรวจพินิจฉนวนได้

ให้ทดสอบความทนทานไฟฟ้าตามที่ระบุในข้อ 5.2.2 กับ

- ฉนวนเสริม และ
- ฉนวนมูลฐานหรือฉนวนเพิ่มเติมที่ประกอบกันเป็นส่วนหนึ่งของฉนวนคู่ และ
- ฉนวนมูลฐานระหว่างวงจรปฐมภูมิกับขั้วต่อลงดินป้องกัน

6. การต่อเข้ากับโครงข่ายโทรคมนาคม

ถ้าต่อบริษัทเข้ากับโครงข่ายโทรคมนาคม ให้ใช้ข้อกำหนดข้อ 6. นี้ร่วมกับข้อกำหนดข้อ 1. ถึง ข้อ 5. ในมาตรฐานนี้

- หมายเหตุ 1. ให้ถือว่ามีการใช้มาตรการที่เพียงพอตาม ITU-T Recommendation K11 ในการลดความเสี่ยงที่แรงดันไฟฟ้าเกินจะเกิดขึ้นกับบริษัทเกิน 1.5 กิโลโวลต์ค่ายอด อาจจำเป็นต้องมีมาตรการเพิ่มเติม เช่นการระงับเสิร์จ เมื่อมีการติดตั้งบริษัทในบริเวณที่แรงดันไฟฟ้าเกินอาจสูงกว่า 1.5 กิโลโวลต์ค่ายอด
- หมายเหตุ 2. อาจมีข้อบังคับทางกฎหมายที่เกี่ยวกับการต่อบริษัทเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ากับโครงข่ายโทรคมนาคม ซึ่งดำเนินการโดยผู้ดำเนินการโครงข่ายสาธารณะ
- หมายเหตุ 3. ข้อกำหนดข้อ 2.3.2 ข้อ 6.1.2 และข้อ 6.2 สามารถใช้กับจำนวนที่มีสมบัติทางฟิสิกส์เท่ากันหรือระยะห่างในอากาศที่เท่ากัน
- หมายเหตุ 4. ระบบแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับที่ใช้เป็นตัวกลางส่งผ่านการสื่อสาร ไม่ถือว่าเป็นโครงข่ายโทรคมนาคม (ดูข้อ 1.2.13.8) และไม่ใช่ข้อกำหนดข้อ 6. ข้อกำหนดอื่นๆ ในมาตรฐานนี้ ให้ใช้กับคู่ต่อ เช่น หม้อแปลงสัญญาณซึ่งต่อระหว่างแหล่งจ่ายประธานกับวงจรอื่นๆ โดยทั่วไปใช้ข้อกำหนดสำหรับจำนวนคู่หรือฉนวนเสริม ให้ดู IEC 60664-1 สำหรับแรงดันไฟฟ้าเกินที่คาดว่าจะเกิดที่จุดต่างๆ ในระบบแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ

6.1 การป้องกันผู้ซ่อมบำรุงโครงข่ายโทรคมนาคม และผู้ใช้บริษัทอื่นซึ่งต่ออยู่กับโครงข่าย จากอันตรายต่างๆ ในบริษัท

6.1.1 การป้องกันแรงดันไฟฟ้าอันตราย

วงจรที่มีเจตนาให้ต่อโดยตรงเข้ากับโครงข่ายโทรคมนาคมต้องเป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับวงจร SELV หรือวงจร TNV

ในกรณีที่การป้องกันของโครงข่ายโทรคมนาคมขึ้นอยู่กับ การต่อลงดินป้องกันของบริษัท ต้องระบุในข้อแนะนำการติดตั้งบริษัทและคำอธิบายอื่นที่เกี่ยวข้องว่าต้องแน่ใจในความสมบูรณ์ของการต่อลงดินป้องกัน (ดูข้อ 1.7.2)

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด

6.1.2 การแยกโครงข่ายโทรคมนาคมออกจากดิน

6.1.2.1 ข้อกำหนด

นอกเหนือจากที่กำหนดไว้ข้อ 6.1.2.2 ต้องมีฉนวนระหว่างวงจรที่มีเจตนาให้ต่อเข้ากับโครงข่ายโทรคมนาคมและส่วนหรือวงจรใดๆ ที่ต่อลงดินในบางลักษณะการใช้งาน ไม่ว่าจะอยู่ภายในบริษัทที่ทดสอบหรือผ่านทางบริษัทอื่น

ตัวระงับเสิร์จที่เชื่อมโยงฉนวนต้องมีแรงดันไฟฟ้าประกายข้ามกระแสตรง (d.c. sparkover voltage) ไม่น้อยกว่า 1.6 เท่าของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด หรือ 1.6 เท่าของแรงดันไฟฟ้าขีดจำกัดบนของพิสัยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดของบริษัท

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการทดสอบต่อไปนี้

ทดสอบความทนทานไฟฟ้าตามข้อ 5.2.2 กับฉนวนด้วยแรงดันไฟฟ้าทดสอบกระแสสลับดังนี้

- สำหรับบริษัทที่มีเจตนาให้ติดตั้งในพื้นที่ซึ่งแรงดันของ

แหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานที่ระบุเกิน 130 โวลต์

1.5 กิโลโวลต์

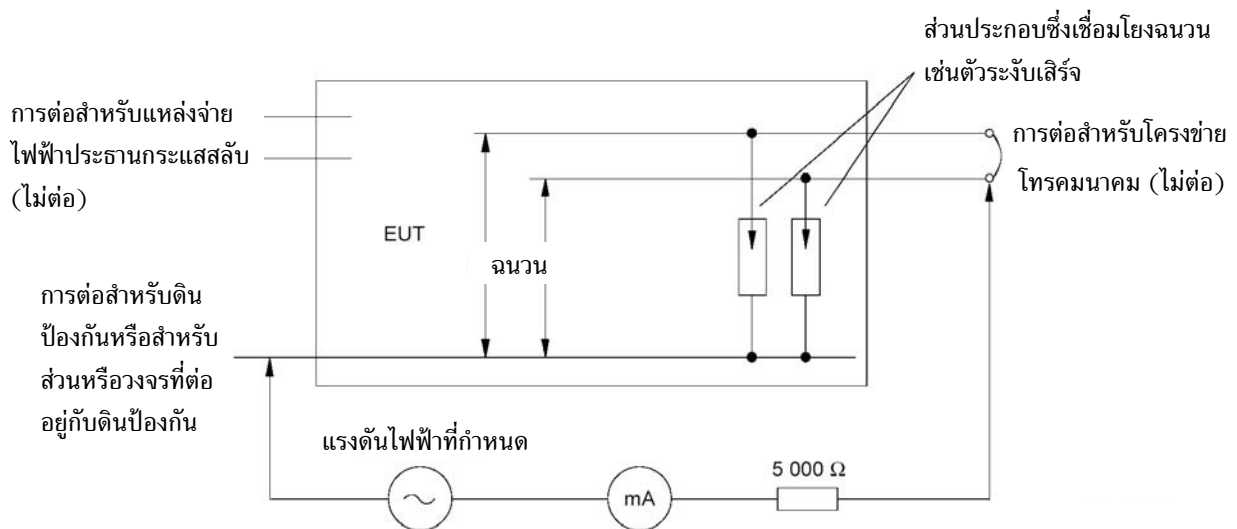
– สำหรับบริภัณฑ์ประเภทอื่นๆ ทั้งหมด

1.0 กิโลโวลต์

ให้ป้อนแรงดันไฟฟ้าทดสอบไม่ว่าบริภัณฑ์นั้นใช้หรือไม่ใช้กำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธาน กระแสสลับ

ส่วนประกอบซึ่งเชื่อมโยงจนวนที่อยู่ในตำแหน่งขณะที่ทดสอบความทนทานไฟฟ้าต้องไม่ได้รับความเสียหาย จนวนต้องไม่เกิดการเสียหายฉับพลันระหว่างการทดสอบความทนทานไฟฟ้า

ยอมให้ถอดส่วนประกอบที่เชื่อมโยงจนวนยกเว้นตัวเก็บประจุออกระหว่างการทดสอบ ถ้าเลือกใช้วิธีนี้ ให้ทดสอบเพิ่มเติมด้วยวงจรทดสอบตามรูปที่ 6ก โดยให้ส่วนประกอบทั้งหมดอยู่ในตำแหน่ง ให้ทดสอบด้วยแรงดันไฟฟ้าที่เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด หรือแรงดันไฟฟ้าขีดจำกัดบนของพิสัยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดของบริภัณฑ์ กระแสไฟฟ้าในวงจรทดสอบตามรูปที่ 6ก ต้องไม่เกิน 10 มิลลิแอมแปร์



รูปที่ 6ก การทดสอบการแยกระหว่างโครงข่ายโทรคมนาคมกับดิน

6.1.2.2 ข้อยกเว้น

ข้อกำหนดข้อ 6.1.2.1 ไม่ใช้กับ

- บริภัณฑ์ต่ออย่างถาวรหรือบริภัณฑ์เสียได้แบบ B
- บริภัณฑ์ที่มีเจตนาให้ติดตั้งโดยผู้ซ่อมบำรุงและมีข้อแนะนำการติดตั้งซึ่งกำหนดให้บริภัณฑ์ต่อเข้ากับเต้ารับที่มีการต่อลงดินป้องกัน (ดูข้อ 6.1.1)
- บริภัณฑ์ที่มีการเตรียมการสำหรับการต่ออย่างถาวรกับตัวนำต่อลงดินป้องกันและมีข้อแนะนำสำหรับการติดตั้งตัวนำนั้น

6.2 การป้องกันผู้ใช้บริภัณฑ์จากแรงดันไฟฟ้าเกินบนโครงข่ายโทรคมนาคม

6.2.1 ข้อกำหนดการแยก

บริภัณฑ์ต้องมีการแยกทางไฟฟ้าที่เพียงพอระหว่างวงจร TNV-1 หรือวงจร TNV-3 กับส่วนต่างๆ ของบริภัณฑ์ดังต่อไปนี้

- ก) ส่วนนำไฟฟ้าที่ไม่ต่อลงดินและส่วนไม่นำไฟฟ้าของบริภัณฑ์ที่คาดว่าจะต้องจับ หรือสัมผัสในระหว่างการใช้งานปกติ เช่น หูโทรศัพท์ หรือแผงแป้นอักขระ

ข) ส่วนและวงจรซึ่งสามารถแตะต้องถึงด้วยนิ้วทดสอบตามรูปที่ 2ก (ดูข้อ 2.1.1.1) ยกเว้นหน้าสัมผัสของตัวต่อซึ่งไม่สามารถแตะต้องถึงด้วยโพรบทดสอบตามรูปที่ 2ค (ดูข้อ 2.1.1.1)

ค) วงจร SELV วงจร TNV-2 หรือวงจรจำกัดกระแส ซึ่งจัดเตรียมขึ้นสำหรับการต่อของบริภัณฑ์อื่น ใช้ข้อกำหนดการแยกนี้ได้ไม่ว่าวงจรนี้เข้าถึงได้หรือไม่

ข้อกำหนดเหล่านี้ไม่ใช้กับกรณีการวิเคราะห์ห้วงจรและการตรวจสอบบริภัณฑ์ซึ่งบอกว่าจะมีความปลอดภัยโดยวิธีการอื่น เช่น ระหว่างวงจร 2 วงจรซึ่งแต่ละวงจรมีการต่อถาวรกับดินป้องกัน

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการทดสอบตามข้อ 6.2.2 ไม่ใช่ข้อกำหนดข้อ 2.10 ที่เกี่ยวกับมิติและโครงสร้างของระยะห่างในอากาศ ระยะห่างตามผิวฉนวน และฉนวนตันสำหรับการเป็นไปตามข้อ 6.2.1

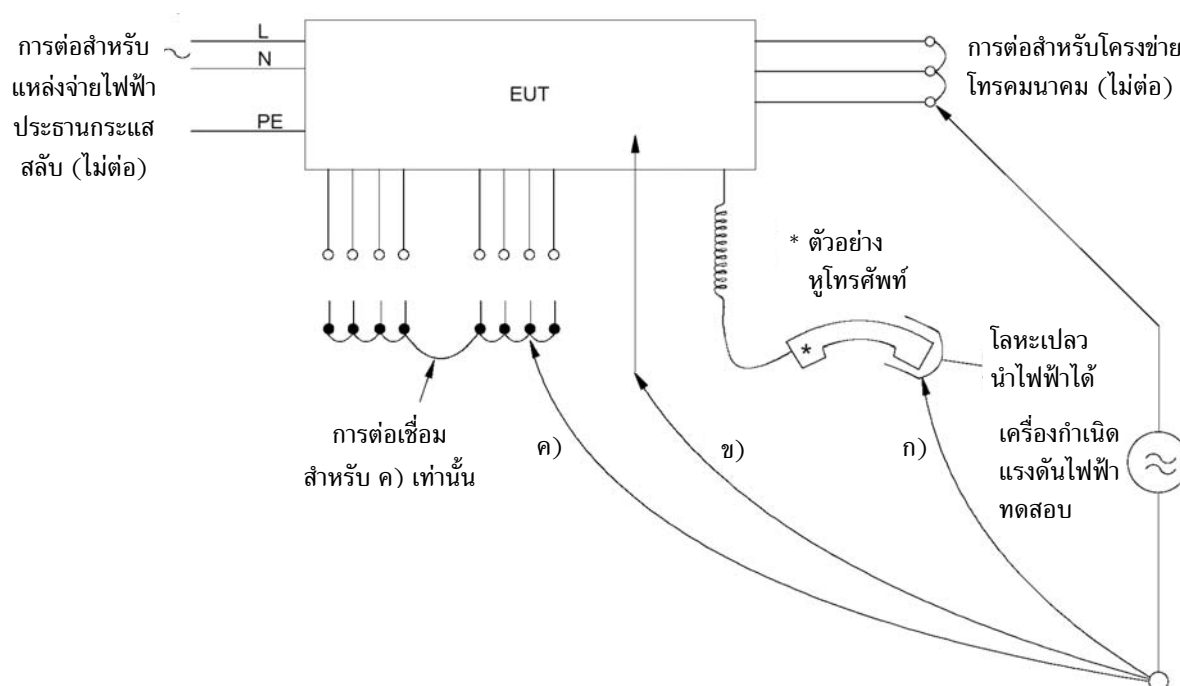
หมายเหตุ อาจใช้ข้อกำหนดข้อ 2.10 สำหรับการเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 2.2 และข้อ 2.3 ดู 5) และ 6) ในตารางที่ 2ข

6.2.2 วิธีทดสอบความทนทานไฟฟ้า

การตรวจสอบการเป็นไปตามข้อ 6.2.1 ให้ทำโดยการทดสอบตามข้อ 6.2.2.1 หรือข้อ 6.2.2.2

ถ้าใช้การทดสอบกับส่วนประกอบ (ดูข้อ 1.4.3) เช่น หม้อแปลงสัญญาณ ซึ่งมีเจตนาชัดเจนว่ามีไว้เพื่อให้มีการแยกตามที่กำหนด ต้องไม่ต่อข้ามส่วนประกอบนี้ด้วยส่วนประกอบอื่น อุปกรณ์ติดตั้งหรือสายไฟฟ้า นอกจากว่าส่วนประกอบเหล่านั้นหรือสายไฟฟ้าเป็นไปตามข้อกำหนดการแยกข้อ 6.2

สำหรับการทดสอบ ให้ต่อตัวนำทั้งหมดที่มีเจตนาให้ต่อกับโครงข่ายโทรคมนาคมเข้าด้วยกัน (ดูรูปที่ 6ข) รวมทั้งตัวนำใด ๆ ที่ต้องการให้ต่อลงดินโดยผู้มีอำนาจหน้าที่ของโครงข่ายโทรคมนาคม ในทำนองเดียวกัน ให้ต่อตัวนำทั้งหมดที่มีเจตนาให้ต่อบริภัณฑ์อื่นเข้าด้วยกันสำหรับการทดสอบเกี่ยวกับข้อ 6.2.1 ค) ส่วนไม่นำไฟฟ้าให้ทดสอบกับโลหะเปลวที่สัมผัสกับพื้นผิว ในกรณีที่ใช้โลหะเปลวแบบมีสารยึดติด สารยึดติดต้องนำไฟฟ้าได้



รูปที่ 6ข จุดป้อนแรงดันไฟฟ้าทดสอบ

หมายเหตุ รายละเอียดวิธีการตัดสินว่าตัวระบุใบเสร็จทำงานหรือไม่ หรือฉนวนเสียสภาพฉนวนหรือไม่ โดยการใช้รูปคลื่นจากออสซิลโลสโคป ให้ไว้ในภาคผนวก ต.

6.3 การป้องกันระบบสายโทรคมนาคมจากการรบกวน

บริษัทที่มีเจตนาที่จะจ่ายกำลังไฟฟ้าไปตามระบบสายโทรคมนาคมให้กับบริษัทที่ระยะไกล ต้องจำกัดกระแสไฟฟ้าออกไว้ที่ค่าซึ่งไม่ทำให้เกิดความเสียหายขึ้นกับระบบสายโทรคมนาคมเนื่องจากการรบกวนภายใต้ภาวะโหลดภายนอกใดๆ กระแสต่อเนื่องสูงสุดจากบริษัทต้องไม่เกินขีดจำกัดกระแสที่เหมาะสมสำหรับสายขนาดเล็กสุดที่ระบุไว้ในข้อแนะนำการติดตั้งบริษัท ถ้าไม่ได้ระบุไว้ ให้ใช้ขีดจำกัดกระแสเท่ากับ 1.3 แอมแปร์

หมายเหตุ 1. อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินอาจเป็นอุปกรณ์แยกต่างหาก เช่น ฟิวส์ หรือวงจรซึ่งทำหน้าที่นั้น

หมายเหตุ 2. เส้นผ่านศูนย์กลางลวดที่เล็กที่สุดที่ใช้เป็นปกติในระบบสายโทรคมนาคมคือ 0.4 มิลลิเมตร ซึ่งกระแสต่อเนื่องสูงสุดสำหรับเคเบิลหลายคู่ (multipair cable) เท่ากับ 1.3 แอมแปร์ การเดินสายนี้ไม่ได้กำหนดโดยข้อแนะนำการติดตั้งบริษัท เนื่องจากการเดินสายมักเป็นอิสระไม่ขึ้นอยู่กับการติดตั้งบริษัท

หมายเหตุ 3. อาจจำเป็นต้องมีการจำกัดกระแสเพิ่มสำหรับบริษัทที่มีเจตนาให้ต่อเข้ากับโครงข่ายซึ่งมีแรงดันไฟฟ้าเกิน เนื่องจากพารามิเตอร์ในการทำงานสำหรับอุปกรณ์ป้องกัน

การตรวจสอบให้ทำดังนี้

ถ้ากระแสถูกจำกัดเนื่องจากอิมพีแดนซ์ในตัวของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า ให้วัดกระแสไฟฟ้าที่ออกไปยังโหลดเชิงต้านทานใดๆ รวมทั้งการลัดวงจร ค่าที่วัดได้ภายหลังการทดสอบ 60 วินาทีต้องไม่เกินขีดจำกัดกระแส ถ้าการจำกัดกระแสจัดให้มีขึ้นโดยอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินที่มีการกำหนดลักษณะเฉพาะเวลา/กระแส

- ลักษณะเฉพาะเวลา/กระแส ต้องแสดงว่ากระแสขนาดร้อยละ 110 ของขีดจำกัดกระแสถูกตัดภายใน 60 วินาที และ

หมายเหตุ 4. ลักษณะเฉพาะเวลา/กระแสของฟิวส์ประเภท gD และประเภท gN ตามที่กำหนดใน IEC 60269-2-1 ถือว่าเป็นไปตามขีดจำกัดข้างต้น ฟิวส์ประเภท gD และประเภท gN ที่ระบุจำกัดกระแส 1 แอมแปร์จะเป็นไปตามขีดจำกัดกระแส 1.3 แอมแปร์

- กระแสไฟฟ้าออกไปยังโหลดเชิงต้านทานใดๆ รวมทั้งการลัดวงจรเมื่อต่อข้ามอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินที่วัดภายหลังการทดสอบ 60 วินาที ต้องไม่เกิน $1000/U$ เมื่อ U คือ แรงดันไฟฟ้าออกที่วัดตามข้อ 1.4.5 โดยปลดวงจรโหลดทั้งหมด

ถ้าการจำกัดกระแสให้ไว้โดยอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินที่ไม่มีการกำหนดลักษณะเฉพาะเวลา/กระแส

- กระแสไฟฟ้าออกไปยังโหลดเชิงต้านทานใดๆ รวมทั้งการลัดวงจร ต้องไม่เกินขีดจำกัดกระแสภายหลังการทดสอบ 60 วินาที และ
- กระแสไฟฟ้าออกไปยังโหลดเชิงต้านทานใดๆ รวมทั้งการลัดวงจรเมื่อต่อข้ามอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินที่วัดภายหลังการทดสอบ 60 วินาที ต้องไม่เกิน $1000/U$ เมื่อ U คือ แรงดันไฟฟ้าออกที่วัดตามข้อ 1.4.5 โดยปลดวงจรโหลดทั้งหมด

7. การต่อระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล

ถ้าบริษัทมีการต่อเข้ากับระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล ให้เพิ่มข้อกำหนดข้อ 7. นอกเหนือจากข้อกำหนดข้อ 1. ถึงข้อ 5. ในมาตรฐานนี้

หมายเหตุ 1. ให้ถือว่ามีการใช้มาตรการที่เพียงพอในการลดความเสี่ยงที่แรงดันไฟฟ้าเกินชั่วครู่จะเกิดขึ้นกับบริษัทเกินค่าดังต่อไปนี้

- 5 กิโลโวลต์ สำหรับอุปกรณ์ทวนสัญญาณป้อนกำลัง (power fed repeaters) ดู ITU-T Recommendation K.17
- 4 กิโลโวลต์ สำหรับบริษัทอื่น ดู ITU-T Recommendation K.21
- 10 กิโลโวลต์ สำหรับบริษัทที่ต่อกับสายอากาศนอกอาคารเท่านั้น

อาจจำเป็นต้องมีมาตรการเพิ่มเติม เช่น การระงับเสิร์จ เมื่อการติดตั้งบริษัทอาจมีแรงดันไฟฟ้าเกินสูงกว่าค่าเหล่านี้

หมายเหตุ 2. อาจมีข้อบังคับทางกฎหมายที่เกี่ยวกับการต่อบริษัทเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ากับระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิลซึ่งดำเนินการโดยผู้ดำเนินการโครงข่ายสาธารณะ

หมายเหตุ 3. ถ้าใช้ระบบแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับเป็นศูนย์กลางการสื่อสาร ไม่ถือว่าเป็นระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล (ดูข้อ 1.2.13.14) และไม่ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 7. สำหรับบริษัทที่ต่อกับระบบดังกล่าวให้ใช้ข้อกำหนดอื่นๆ ในมาตรฐานนี้กับส่วนประกอบคู่ต่อ เช่น หม้อแปลงสัญญาณและตัวเก็บประจุซึ่งต่อระหว่างแหล่งจ่ายประธานกับวงจรอื่นๆ โดยทั่วไปใช้ข้อกำหนดสำหรับฉนวนคู่หรือฉนวนเสริม ให้ดู IEC 60664-1 สำหรับแรงดันไฟฟ้าเกินที่คาดว่าจะเกิดที่จุดต่างๆ ในระบบแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ

หมายเหตุ 4. ให้สมมติว่าส่วนป้องกันเคเบิล (cable shield) ต่อดินตามข้อกำหนดในการติดตั้งของ ITU-T Recommendation K.31

7.1 การป้องกันผู้ซ่อมบำรุงระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล และผู้ใช้บริษัทอื่นที่ต่อเข้ากับระบบ จากแรงดันไฟฟ้าอันตรายในบริษัท

วงจรที่มีเจตนาให้ต่อโดยตรงกับระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิลต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของวงจร TNV-1 วงจร TNV-3 หรือวงจรทุติยภูมิแรงดันไฟฟ้าอันตราย โดยขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าทำงานปกติ ในกรณีที่มีการป้องกันของระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิลขึ้นอยู่กับการต่อลงดินป้องกันของบริษัท ต้องระบุในข้อแนะนำการติดตั้งบริษัทและคำอธิบายอื่นที่เกี่ยวข้องว่าต้องแน่ใจในความสมบูรณ์ของการต่อลงดินป้องกัน (ดูข้อ 1.7.2)

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด

7.2 การป้องกันผู้ใช้บริษัทจากแรงดันไฟฟ้าเกินในระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล

ให้ใช้ข้อกำหนดและการทดสอบตามข้อ 6.2 โดยให้แทนคำว่า “โครงข่ายโทรคมนาคม” ทั้งหมดในข้อ 6.2 ด้วยคำว่า “ระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล” เมื่อใช้ข้อ 6.2 กับระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล ให้ใช้ข้อกำหนดการแยกเฉพาะกับชิ้นส่วนของวงจรต่างๆ ที่ต่อโดยตรงเข้ากับตัวนำภายในของสายแกนร่วมเท่านั้น ไม่ให้ใช้ข้อกำหนดการแยกกับชิ้นส่วนของวงจรต่างๆ ที่ต่อโดยตรงเข้ากับเปลือกนอก (outer screen)

7.3 ฉนวนระหว่างวงจรปฐมภูมิกับระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล

7.3.1 ทั่วไป

นอกเหนือจากที่จะได้ระบุต่อไป ฉนวนระหว่างวงจรปฐมภูมิกับขั้วต่อหรือสายที่เตรียมไว้สำหรับต่อเข้ากับระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิลต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

- การทดสอบแรงดันเสิร์จตามข้อ 7.3.2 สำหรับบริษัทที่มีเจตนาให้ต่อกับสายอากาศนอกอาคาร หรือ
- การทดสอบอิมพัลส์ตามข้อ 7.3.3 สำหรับบริษัทที่มีเจตนาให้ต่อกับระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิลอื่น

ถ้าบริษัทมีเจตนาให้ต่อกับทั้งสายอากาศนอกอาคารและระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิลอื่น ต้องทดสอบทั้งข้อ 7.3.2 และ 7.3.3

ข้อกำหนดข้างต้นไม่ใช้กับกรณีต่อไปนี้

- บริษัทที่มีเจตนาให้ใช้ภายในอาคารเท่านั้น โดยมีสายอากาศติดตั้งในตัวและไม่มีการเตรียมการสำหรับต่อกับระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล
- บริษัทที่ต่ออย่างถาวร หรือบริษัทเสียบบัต์แบบ B ที่มีวงจรซึ่งมีเจตนาให้ต่อกับระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิลต่อกับดินป้องกันด้วยตามข้อ 2.6.1 จ)
- บริษัทเสียบบัต์แบบ A ที่มีวงจรซึ่งมีเจตนาให้ต่อกับระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิลต่อกับดินป้องกันด้วยตามข้อ 2.6.1 จ) และ
 - มีเจตนาให้ติดตั้งโดยผู้ซ่อมบำรุงและมีข้อแนะนำการติดตั้งซึ่งต้องการให้บริษัทต่อเข้ากับเต้ารับที่มีการต่อลงดินป้องกัน หรือ
 - มีการเตรียมการสำหรับตัวนำต่อลงดินป้องกันที่ต่ออย่างถาวรและมีข้อแนะนำสำหรับการติดตั้งตัวนำนั้น

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและถ้าจำเป็นโดยการทดสอบแรงดันเสิร์จตามข้อ 7.3.2 หรือการทดสอบอิมพัลส์ตามข้อ 7.3.3

หมายเหตุ การหาค่าระยะห่างในอากาศให้เป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 2.10.3 หรือภาคผนวก ข. อาจมีความจำเป็นต้องเพิ่มระยะห่างในอากาศระหว่างวงจรปฐมภูมิกับวงจรทุติยภูมิที่มีเจตนาให้ต่อกับระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล เพื่อให้วงจรเหล่านั้นเป็นไปตามข้อกำหนดในข้อ 7.3.2 หรือข้อ 7.3.3

7.3.2 การทดสอบแรงดันเสิร์จ

ให้ทดสอบระหว่างขั้วต่อของวงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าซึ่งต่ออยู่กับขั้วต่อลงดินป้องกันหลัก (ถ้ามี) กับจุดต่อสำหรับระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล (ไม่มีตัวนำสายดินใดต่ออยู่ด้วย) ป้อนแรงดันเสิร์จด้วยเครื่องกำเนิดอิมพัลส์อ้างอิงหมายเลข 3 ในตารางที่ ท.1 จำนวน 50 ครั้ง ด้วยอัตราไม่มากกว่า 12 ครั้งต่อนาที และ U_c มีค่าเท่ากับ 10 กิโลโวลต์ ถ้ามีสวิตช์ “เปิด/ปิด” ให้อยู่ในตำแหน่ง “เปิด” ภายหลังการทดสอบ ฉนวนยังคงต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของการทดสอบความทนทานไฟฟ้าตามข้อ 5.2.2

7.3.3 การทดสอบอิมพัลส์

ให้ทดสอบระหว่างขั้วต่อของวงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าซึ่งต่ออยู่กับขั้วต่อลงดินป้องกันหลัก (ถ้ามี) กับจุดต่อสำหรับระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล (ไม่มีตัวนำสายดินใดต่ออยู่ด้วย) ป้อนอิมพัลส์ 10 ครั้ง โดยให้อิมพัลส์มีการสลับสภาพมีขั้วแต่ละครั้งด้วยเครื่องกำเนิดอิมพัลส์อ้างอิงหมายเลข 1 ในตารางที่ ท.1 และเว้นช่วงเวลาระหว่างอิมพัลส์แต่ละครั้งเท่ากับ 60 วินาที และ U_c มีค่าดังนี้

- 5 กิโลโวลต์ สำหรับตัวทวนสัญญาณ
- 4 กิโลโวลต์ สำหรับขั้วต่อและบริภัณฑ์โครงข่ายอื่นๆ ทั้งหมด

ถ้ามีสวิตช์ “เปิด/ปิด” ให้อยู่ในตำแหน่ง “ปิด”

ภายหลังการทดสอบ ฉนวนยังคงต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของการทดสอบความทนทานไฟฟ้าตามข้อ 5.2.2

ภาคผนวก ก.

(ข้อกำหนด)

การทดสอบความทนความร้อนและไฟ

ในระหว่างการทดสอบอาจมีไอหรือควันที่เป็นพิษออกมา ถ้าเป็นไปได้ควรทดสอบภายในตู้ควันหรือในห้องที่มีการระบายอากาศเป็นอย่างดี และปราศจากลมที่จะทำให้ผลการทดสอบไม่ได้ผล

ก.1 การทดสอบสภาพการเกิดเปลวไฟได้สำหรับเปลือกหุ้มกันไฟของบริษัทเคลื่อนย้ายได้ที่มีมวลรวมมากกว่า 18 กิโลกรัม และบริษัทประจำที่ (ดูข้อ 4.7.3.2)

ก.1.1 ตัวอย่าง

ใช้ตัวอย่างทดสอบ 3 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างอาจเป็นเปลือกหุ้มกันไฟที่สมบูรณ์หรือส่วนของเปลือกหุ้มกันไฟที่แทนความหนาแน่นที่มีนัยสำคัญบางที่สุดและรวมถึงช่องเปิดระบายอากาศใด ๆ

ก.1.2 การปรับภาวะตัวอย่าง

ก่อนการทดสอบให้นำตัวอย่างไปปรับภาวะในตู้อบอากาศหมุนเวียนเป็นเวลา 7 วัน (168 ชั่วโมง) ที่อุณหภูมิสม่ำเสมอ 10 เคลวินสูงกว่าอุณหภูมิสูงสุดที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบข้อ 4.5.1 หรือ 70 องศาเซลเซียส แล้วแต่ค่าใดจะมากกว่า แล้วทำให้เย็นลงเท่าอุณหภูมิห้อง

ก.1.3 การติดตั้งตัวอย่าง

ติดตั้งตัวอย่างในลักษณะใช้งานปกติ วางแผ่นสำลีผ้าตัดที่ไม่ผ่านการรมวิธี (untreated surgical cotton) ไว้ใต้จุดที่จะจ่อเปลวไฟทดสอบเป็นระยะ 300 มิลลิเมตร

ก.1.4 เปลวไฟทดสอบ

ใช้เปลวไฟทดสอบที่เป็นไปตาม IEC 60695-11-3

ก.1.5 วิธีทดสอบ

จ่อเปลวไฟทดสอบเข้ากับพื้นผิวภายในของตัวอย่าง ที่ตำแหน่งซึ่งคิดว่าอาจติดไฟเพราะอยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดไฟ

ถ้ามีส่วนที่อยู่ในแนวตั้งเกี่ยวข้อง ให้เปลวไฟทำมุมประมาณ 20 องศาจากแนวตั้ง ถ้ามีช่องเปิดระบายอากาศเกี่ยวข้อง ให้จ่อเปลวไฟที่ขอบช่องเปิด นอกจากนั้นให้จ่อเปลวไฟที่พื้นผิวทึบ ในทุกกรณีต้องให้ปลายสีน้ำเงินชั้นในของเปลวไฟสัมผัสกับตัวอย่าง จ่อเปลวไฟเป็นเวลา 5 วินาทีแล้วเอาออก 5 วินาทีให้ทำในลักษณะนี้ 5 ครั้งในตำแหน่งเดียวกัน

ทดสอบซ้ำกับอีก 2 ตัวอย่างที่เหลือ ถ้ามีส่วนของเปลือกหุ้มกันไฟมากกว่า 1 ส่วนอยู่ใกล้แหล่งกำเนิดไฟ ให้ทดสอบตัวอย่างแต่ละตัวอย่างกับเปลวไฟในตำแหน่งที่แตกต่างออกไป

ก.1.6 เกณฑ์การเป็นไปตามข้อกำหนด

ในระหว่างการทดสอบ ตัวอย่างต้องไม่ปล่อยหยดหรืออนุภาคที่มีเปลวไฟลงมาให้สำลีผ้าตัดติดไฟได้ ตัวอย่างต้องไม่ลุกไหม้ต่อไปเกิน 1 นาทีหลังการจ่อเปลวไฟทดสอบครั้งที่ 5 และต้องไม่ถูกเผาไหม้จนหมด

ก.2 การทดสอบสภาพการเกิดเปลวไฟได้สำหรับเปลือกหุ้มกันไฟของผลิตภัณฑ์เคลื่อนย้ายได้ที่มีมวลไม่มากกว่า 18 กิโลกรัม และสำหรับวัสดุและส่วนประกอบที่ตั้งอยู่ภายในเปลือกหุ้มกันไฟ (ดูข้อ 4.7.3.2 และข้อ 4.7.3.4)

ก.2.1 ตัวอย่าง

ใช้ตัวอย่างทดสอบ 3 ตัวอย่าง สำหรับเปลือกหุ้มกันไฟ แต่ละตัวอย่างอาจเป็นเปลือกหุ้มกันไฟที่สมบูรณ์ หรือส่วนของเปลือกหุ้มกันไฟที่แทนความหนาแน่นที่มีนัยสำคัญบางที่สุดและรวมถึงช่องเปิดระบายอากาศใด ๆ สำหรับวัสดุที่ตั้งอยู่ภายในเปลือกหุ้มกันไฟ แต่ละตัวอย่างของวัสดุอาจเป็น

- ชิ้นส่วนสมบูรณ์ หรือ
 - ส่วนของชิ้นส่วนที่เป็นตัวแทนความหนาแน่นที่มีนัยสำคัญบางที่สุด หรือ
 - แผ่นหรือแท่งทดสอบที่มีความหนาสม่ำเสมอที่เป็นตัวแทนความหนาแน่นที่มีนัยสำคัญบางที่สุด
- สำหรับส่วนประกอบต่างๆ ที่ตั้งอยู่ภายในเปลือกหุ้มกันไฟ ตัวอย่างต้องเป็นส่วนประกอบสมบูรณ์

ก.2.2 การปรับภาวะตัวอย่าง

ก่อนการทดสอบให้นำตัวอย่างไปปรับภาวะในตู้อบอากาศหมุนเวียนเป็นเวลา 7 วัน (168 ชั่วโมง) ที่อุณหภูมิสม่ำเสมอ 10 เคลวินสูงกว่าอุณหภูมิสูงสุดที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบข้อ 4.5.1 หรือ 70 องศาเซลเซียส แล้วแต่ค่าใดจะมากกว่า แล้วทำให้เย็นลงเท่าอุณหภูมิห้อง

ก.2.3 การติดตั้งตัวอย่าง

ติดตั้งตัวอย่างโดยมีทิศทางในลักษณะใช้งานปกติ

ก.2.4 เปลวไฟทดสอบ

ใช้เปลวไฟทดสอบที่เป็นไปตาม IEC 60695-11-4

ก.2.5 วิธีทดสอบ

จ่อเปลวไฟทดสอบเข้ากับพื้นผิวภายในของตัวอย่าง ที่ตำแหน่งซึ่งคิดว่าอาจติดไฟเพราะอยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดไฟ สำหรับการประเมินวัสดุที่อยู่ภายในเปลือกหุ้มกันไฟ ยอมให้จ่อเปลวไฟทดสอบเข้ากับพื้นผิวด้านนอกของตัวอย่าง สำหรับการประเมินส่วนประกอบที่อยู่ภายในเปลือกหุ้มกันไฟ ให้จ่อเปลวไฟทดสอบโดยตรงที่ส่วนประกอบนั้น

ถ้ามีส่วนที่อยู่ในแนวตั้งเกี่ยวข้อง ให้เปลวไฟทำมุมประมาณ 20 องศาจากแนวตั้ง ถ้ามีช่องเปิดระบายอากาศเกี่ยวข้อง ให้จ่อเปลวไฟที่ขอบช่องเปิด นอกจากนั้นให้จ่อเปลวไฟที่พื้นผิวทึบ ในทุกกรณีต้องให้ปลายสีน้ำเงินชั้นในของเปลวไฟสัมผัสกับตัวอย่าง จ่อเปลวไฟเป็นเวลา 30 วินาทีแล้วเอาออก 60 วินาที จากนั้นให้จ่อเปลวไฟอีกครั้งเป็นเวลา 30 วินาทีที่ตำแหน่งเดิม

ทดสอบซ้ำกับอีก 2 ตัวอย่างที่เหลือ ถ้ามีชิ้นส่วนทดสอบใดๆ มีตำแหน่งที่อยู่ใกล้แหล่งกำเนิดไฟมากกว่า 1 ตำแหน่ง ให้ทดสอบตัวอย่างแต่ละตัวอย่างกับเปลวไฟในตำแหน่งที่อยู่ใกล้แหล่งกำเนิดไฟที่แตกต่างกันออกไป

ก.2.6 เกณฑ์การเป็นไปตามข้อกำหนด

ในระหว่างการทดสอบ ตัวอย่างต้องไม่ลุกไหม้ต่อไปเกิน 1 นาทีหลังการจ่อเปลวไฟทดสอบครั้งที่ 2 และต้องไม่ถูกเผาไหม้ทั้งหมด

ก.2.7 การทดสอบทางเลือก

ยอมให้ใช้อุปกรณ์และวิธีที่ระบุไว้ใน IEC 60695-2-2:1991 ข้อ 4 และข้อ 8 เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง นอกเหนือจากอุปกรณ์และวิธีที่ระบุไว้ในข้อ ก.2.4 และข้อ ก.2.5 วิธีการ ระยะเวลา และจำนวนครั้งของการจ่อเปลวไฟให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในข้อ ก.2.5 และเกณฑ์การเป็นไปตามข้อกำหนดให้เป็นไปตามข้อ ก.2.6

หมายเหตุ สามารถยอมรับการเป็นไปตามข้อกำหนดของวิธีการใดวิธีการหนึ่งตามข้อ ก.2.4 และข้อ ก.2.5 หรือตามข้อ ก.2.7 ไม่กำหนดว่าต้องเป็นไปตามข้อกำหนดทั้งสองวิธี

ก.3 การทดสอบด้วยน้ำมันร้อนที่ลุกเป็นเปลวไฟ (ดูข้อ 4.6.2)

ก.3.1 การติดตั้งตัวอย่าง

ติดตั้งตัวอย่างของส่วนล่างของเปลือกหุ้มกันไฟที่สำเร็จสมบูรณ์อย่างมั่นคงบนที่รองรับในแนวระดับ วางผ้าฝ้ายบางฟอก (bleached cheesecloth) ที่มีน้ำหนักประมาณ 40 กรัมต่อตารางเมตร 1 ชั้นบน ถาดใต้ตัวอย่างเป็นระยะประมาณ 50 มิลลิเมตร และผ้าฝ้ายบางฟอกมีขนาดเพียงพอที่จะครอบคลุมแบบรูปของช่องเปิดในตัวอย่างได้ทั้งหมด แต่ไม่ใหญ่จนสามารถรับน้ำมันที่กระเด็นข้ามขอบของตัวอย่าง หรือที่ไม่ไหลผ่านช่องเปิด

หมายเหตุ แนะนำให้ใช้ที่กั้นโลหะหรือผนังแบ่งกั้นกระจกเสริมลวด (wired-glass partition) รอบๆ พื้นที่ทดสอบ

ก.3.2 วิธีทดสอบ

ใส่น้ำมันเชื้อเพลิงกลั่นระเหยไวปานกลาง ที่มีมวลต่อหน่วยปริมาตรอยู่ระหว่าง 0.845 กรัมต่อมิลลิลิตรกับ 0.865 กรัมต่อมิลลิลิตร มีจุดวาบไฟระหว่าง 43.5 องศาเซลเซียสกับ 93.5 องศาเซลเซียส และมีค่าความร้อนเฉลี่ย 38 เมกะจูลต่อลิตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงในจวักโลหะเล็กๆ (เส้นผ่านศูนย์กลางไม่ควรเกิน 65 มิลลิเมตร) ที่มีจะงอยสำหรับเทและมีด้ามซึ่งแกนตามยาวยังคงอยู่ในแนวระดับในขณะเท ทำให้จวักที่ใส่น้ำมันร้อนจนน้ำมันติดไฟและปล่อยให้เผาไหม้เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นเทน้ำมันร้อนที่ลุกเป็นเปลวไฟทั้งหมดด้วยอัตราประมาณ 1 มิลลิลิตรต่อวินาทีอย่างสม่ำเสมอ เป็นสายลงบนศูนย์กลางของแบบรูปของช่องเปิด จากตำแหน่งเหนือช่องเปิดเป็นระยะประมาณ 100 มิลลิเมตร

ทดสอบซ้ำอีก 2 ครั้งโดยเว้นเวลาห่างกันครั้งละ 5 นาที และเปลี่ยนผ้าฝ้ายบางฟอกทุกครั้ง

ก.3.3 เกณฑ์การเป็นไปตามข้อกำหนด

ในระหว่างการทดสอบ ผ้าฝ้ายบางฟอกต้องไม่ติดไฟ

ภาคผนวก ข.

(ข้อกำหนด)

การทดสอบมอเตอร์ภายใต้ภาวะผิดปกติ

(ดูข้อ 4.7.2.2 และข้อ 5.3.2)

ข.1 ข้อกำหนดทั่วไป

มอเตอร์ นอกเหนือจากมอเตอร์กระแสตรงในวงจรทุติยภูมิ ต้องเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบตามข้อ ข.4 และข้อ ข.5 และรายการที่เกี่ยวข้องตามข้อ ข.8 ข้อ ข.9 และข้อ ข.10 ยกเว้นมอเตอร์ดังต่อไปนี้ที่ไม่ต้องเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบตามข้อ ข.4

- มอเตอร์ซึ่งใช้สำหรับการส่งลมเท่านั้นและมีชิ้นส่วนไบพัตต์ต่อเชื่อมกับเฟลมอเตอร์โดยตรง
- มอเตอร์ขั้วกำบัง (shaded pole motor) ซึ่งค่ากระแสไฟฟ้าขณะล๊อคตัวหมุน และกระแสไฟฟ้าขณะไม่มีโหลดแตกต่างกันไม่เกิน 1 แอมแปร์ และมีอัตราส่วนไม่เกิน 2 ต่อ 1

มอเตอร์กระแสตรงในวงจรทุติยภูมิต้องเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบตามข้อ ข.6 ข้อ ข.7 และข้อ ข.10 ยกเว้นมอเตอร์ซึ่งปกติทำงานภายใต้ภาวะล๊อคตัวหมุน เช่น สเต็ปเปอร์มอเตอร์ (stepper motor) ไม่ต้องเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบ

ข.2 ภาวะการทดสอบ

ในระหว่างการทดสอบให้บริษัททำงานที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดหรือที่แรงดันไฟฟ้าสูงสุดของฟัลส์แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด หากมิได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่นในภาคผนวกนี้

ให้ทดสอบในบริษัทหรือภายใต้ภาวะจำลองบนโต๊ะทดสอบ ยอมให้ใช้ตัวอย่างแยกต่างหากสำหรับการทดสอบบนโต๊ะทดสอบ ภาวะจำลองรวมถึง

- อุปกรณ์ป้องกันใดๆ ซึ่งป้องกันมอเตอร์ในบริษัทสมบูรณ์ และ
- การใช้อุปกรณ์ติดตั้งใดๆ ซึ่งอาจทำหน้าที่เป็นตัวระบายความร้อน (heat sink) จากโครงมอเตอร์

วัดอุณหภูมิของขดลวดตามทีระบุในข้อ 1.4.13 ในกรณีที่ใช้เทอร์มอคัปเปิล ต้องติดเข้ากับพื้นผิวของขดลวดมอเตอร์ ให้หาอุณหภูมิที่จุดสิ้นสุดคาบทดสอบทีระบุไว้ ถ้าไม่ระบุให้หาเมื่ออุณหภูมิถึงค่าเสถียร หรือในทันทีที่มีการทำงานของฟัลส์ คัดเอาต์ความร้อน อุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์และสิ่งที่คล้ายกัน

สำหรับมอเตอร์ป้องกันด้วยอิมพีแดนซ์ที่มีเปลือกหุ้มมิดชิด ให้วัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์มอคัปเปิลติดเข้ากับตัวถังมอเตอร์

เมื่อทดสอบมอเตอร์ที่ไม่มีการป้องกันทางความร้อนในตัวภายใต้ภาวะจำลองบนโต๊ะทดสอบ ให้ปรับตั้งค่าอุณหภูมิของขดลวดที่วัดได้โดยคำนึงถึงอุณหภูมิโดยรอบที่วัดได้ระหว่างการทดสอบในข้อ 4.5.1 ขณะมอเตอร์ติดตั้งอยู่ตามปกติภายในบริษัท

ข.3 อุณหภูมิสูงสุด

สำหรับการทดสอบในข้อ ข.5 ข้อ ข.7 ข้อ ข.8 และข้อ ข.9 ผลที่ได้ต้องไม่เกินขีดจำกัดอุณหภูมิสำหรับวัสดุฉนวนแต่ละประเภทตามที่ระบุไว้ในตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 ชีตจำกัดอุณหภูมิที่ยอมให้สำหรับขดลวดมอเตอร์
(ยกเว้นสำหรับการทดสอบโหลดเกินขณะหมุน)

อุณหภูมิสูงสุด °C					
วิธีการป้องกัน	ประเภท A	ประเภท E	ประเภท B	ประเภท F	ประเภท H
การป้องกันโดยอิมพีแดนซ์ในตัวหรือภายนอก	150	165	175	190	210
การป้องกันโดยอุปกรณ์ป้องกันซึ่งทำงานในระหว่างชั่วโมงแรก	200	215	225	240	260
การป้องกันโดยอุปกรณ์ป้องกันใดๆ :					
- ค่าสูงสุดหลังชั่วโมงแรก	175	190	200	215	235
- ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ในระหว่างชั่วโมงที่ 2 และในระหว่างชั่วโมงที่ 72	150	165	175	190	210

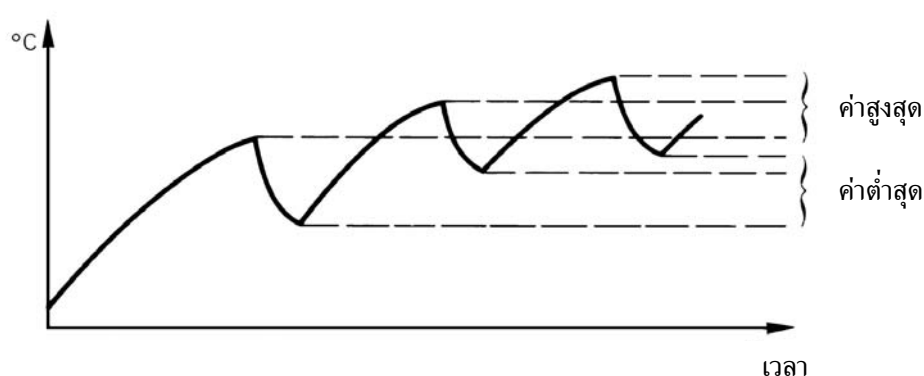
อุณหภูมิเฉลี่ยเลขคณิต คำนวณได้ดังต่อไปนี้

เขียนกราฟของอุณหภูมิกับเวลาในคาบของการทดสอบที่ต้องการพิจารณา (ดูรูปที่ ข.1) ขณะที่กำลังไฟฟ้าที่เข้าสู่มอเตอร์เปิดและปิดเป็นวัฏจักร อุณหภูมิเฉลี่ยเลขคณิต (t_A) คำนวณได้จากสูตร

$$t_A = \frac{t_{\max} + t_{\min}}{2}$$

เมื่อ $t_{\max}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสูงสุดแอมแปร์

$t_{\min}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าต่ำสุด



รูปที่ ข.1 การหาอุณหภูมิเฉลี่ยเลขคณิต

สำหรับการทดสอบในข้อ ข.4 และข้อ ข.6 ผลที่ได้ต้องไม่เกินขีดจำกัดอุณหภูมิสำหรับวัสดุฉนวนแต่ละประเภทตามที่ระบุไว้ในตารางที่ ข.2

ตารางที่ ข.2 ขีดจำกัดอุณหภูมิที่ยอมให้สำหรับการทดสอบโหลดเกินขณะหมุน

อุณหภูมิสูงสุด °C				
ประเภท A	ประเภท E	ประเภท B	ประเภท F	ประเภท H
140	155	165	180	200

ข.4 การทดสอบโหลดเกินขณะหมุน

ทดสอบโหลดเกินขณะหมุนโดยให้มอเตอร์ทำงานภายใต้โหลดปกติ จากนั้นเพิ่มโหลดขึ้นจนกระแสไฟฟ้าค่อยๆ เพิ่มขึ้นเป็นขั้นๆ อย่างเหมาะสม โดยคงค่าแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์ไว้ที่ค่าเริ่มต้น เมื่อถึงภาวะคงตัวให้เพิ่มโหลดขึ้นอีกในอัตราก้าวหน้าเป็นขั้นๆ อย่างเหมาะสมแต่ไม่ถึงภาวะล๊อคตัวหมุน (ดูข้อ ข.5) จนกระทั่งอุปกรณ์ป้องกันโหลดเกินทำงาน

หาอุณหภูมิของขดลวดมอเตอร์ในระหว่างคาบคงตัวแต่ละคาบ และอุณหภูมิสูงสุดที่บันทึกได้ต้องไม่เกินค่าที่ระบุไว้ในตารางที่ ข.2

ข.5 การทดสอบโหลดเกินขณะล๊อคตัวหมุน

เริ่มทดสอบขณะล๊อคตัวหมุนที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาของการทดสอบเป็นดังต่อไปนี้

- ให้มอเตอร์ที่มีการป้องกันโดยอิมพีแดนซ์ในตัวหรือภายนอกทำงานโดยล๊อคตัวหมุนเป็นเวลา 15 วัน อาจไม่ต้องทดสอบครบ 15 วัน หากขดลวดของมอเตอร์แบบเปิดหรือปิดมิดชิดถึงอุณหภูมิคงที่ และอุณหภูมิคงที่ไม่เกินที่ระบุไว้ในข้อ 4.5.1 สำหรับระบบฉนวนที่ใช้
- ให้มอเตอร์ที่มีอุปกรณ์ป้องกันตั้งใหม่อัตโนมัติทำงานเป็นวัฏจักรโดยล๊อคตัวหมุนเป็นเวลา 18 วัน
- ให้มอเตอร์ที่มีอุปกรณ์ป้องกันตั้งใหม่ด้วยมือทำงานเป็นวัฏจักรโดยล๊อคตัวหมุนเป็นจำนวน 60 วัฏจักร ให้ตั้งอุปกรณ์ป้องกันใหม่หลังการทำงานแต่ละครั้งเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อให้วงจรยังคงปิดอยู่ แต่เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 30 วินาที

- ให้มอเตอร์ที่มีอุปกรณ์ป้องกันตั้งใหม่ไม่ได้ทำงานโดยล๊อคตัวหมุนจนกระทั่งอุปกรณ์ป้องกันทำงาน

บันทึกอุณหภูมิในช่วงเวลาสม่ำเสมอในระหว่าง 3 วันแรกสำหรับมอเตอร์ที่มีการป้องกันโดยอิมพีแดนซ์ในตัวหรือภายนอก หรือที่มีอุปกรณ์ป้องกันตั้งใหม่อัตโนมัติ หรือในระหว่าง 10 วัฏจักรแรกสำหรับมอเตอร์ที่มีอุปกรณ์ป้องกันตั้งใหม่ด้วยมือ หรือเมื่ออุปกรณ์ป้องกันตั้งใหม่ไม่ได้ทำงาน

อุณหภูมิที่บันทึกได้ต้องไม่เกินค่าที่ระบุไว้ในตารางที่ ข.1

ในระหว่างการทดสอบ อุปกรณ์ป้องกันต้องทำงานอย่างเชื่อถือได้โดยปราศจากการเสีสภาพฉนวนของฉนวนเกิดขึ้นกับโครงมอเตอร์ หรือความเสียหายถาวรที่เกิดขึ้นกับมอเตอร์ รวมทั้งการเสื่อมสภาพของฉนวนที่มากเกินไป

ความเสียหายถาวรที่เกิดขึ้นกับมอเตอร์รวมถึง

- คว้นหรือเปลวไฟที่รุนแรงหรือต่อเนื่อง
- การเสีสภาพฉนวนทางไฟฟ้าหรือทางกลของชิ้นส่วนประกอบที่ใช้ร่วม เช่น ตัวเก็บประจุหรือรีเลย์สตาร์ท

- ฉนวนล่อน เปราะ หรือไหม้เป็นถ่าน

การเปลี่ยนสีของฉนวนยอมรับได้ แต่การไหม้เป็นถ่านหรือเปราะถึงระดับที่ฉนวนล่อน หรือวัสดุหลุดออก เมื่อถูขดลวดด้วยหัวแม่มือยอมรับไม่ได้

ภายหลังคาบที่ระบุสำหรับการวัดอุณหภูมิ และหลังจากทำให้ฉนวนเย็นลงสู่อุณหภูมิห้อง ให้ทดสอบความทนทานไฟฟ้าตามข้อ 5.2.2 ด้วยแรงดันไฟฟ้าทดสอบที่ลดลงเป็น 0.6 เท่าของค่าที่ระบุไว้ หลังจากนั้นไม่จำเป็นต้องทดสอบความทนทานไฟฟ้าอีก

หมายเหตุ การทดสอบของอุปกรณ์ป้องกันตั้งใหม่อัตโนมัติต่อเนื่องกันเกิน 72 ชั่วโมง และของอุปกรณ์ป้องกันตั้งใหม่ด้วยมือต่อเนื่องกันเกิน 10 วัฏจักร มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงความสามารถต่อเนื่องของอุปกรณ์ที่ต่อและตัดกระแสไฟฟ้าขณะล๊อคตัวหมุน

ข.6 การทดสอบโหลดเกินขณะหมุนสำหรับมอเตอร์กระแสตรงในวงจรทุติยภูมิ

ให้ทดสอบโหลดเกินขณะหมุนเฉพาะเมื่อพิจารณาพบความเป็นไปได้ของการเกิดโหลดเกินจากการตรวจสอบหรือจากการทบทวนแบบใหม่อีกครั้ง ไม่จำเป็นต้องทดสอบในกรณีเช่นวงจรขับเคลื่อนอิเล็กทรอนิกส์คงรักษากระแสขับเคลื่อนไว้อย่างคงที่

ทดสอบโดยให้มอเตอร์ทำงานภายใต้โหลดปกติ จากนั้นเพิ่มโหลดขึ้นจนกระแสไฟฟ้าค่อยๆ เพิ่มขึ้นเป็นขั้นๆ อย่างเหมาะสม โดยคงค่าแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์ไว้ที่ค่าเริ่มต้น ให้เพิ่มโหลดขึ้นอีกเมื่อถึงภาวะคงตัว เพิ่มโหลดในอัตราก้าวหน้าเป็นขั้นๆ อย่างเหมาะสมจนกระทั่งอุปกรณ์ป้องกันโหลดเกินทำงานหรือขดลวดเปิดวงจร

หาอุณหภูมิของขดลวดมอเตอร์ในระหว่างคาบคงตัวแต่ละคาบ และอุณหภูมิสูงสุดที่บันทึกได้ต้องไม่เกินค่าที่ระบุไว้ในตารางที่ ข.2 เว้นแต่ในกรณีที่จากประสบการณ์พบว่าวัดอุณหภูมิให้แม่นยำได้ยากเนื่องจากมอเตอร์มีขนาดเล็กหรือเป็นแบบที่ไม่เป็นที่รู้จัก ยอมให้ใช้การทดสอบต่อไปนี้แทนการวัดอุณหภูมิ

ให้คลุมมอเตอร์ด้วยผ้าฝ้ายบางฟอกชั้นเดียวที่มีน้ำหนักประมาณ 40 กรัมต่อตารางเมตร ในระหว่างการทดสอบโหลดเกินขณะหมุน ต้องไม่มีการติดไฟของผ้านี้ในระหว่างการทดสอบหรือเมื่อสิ้นสุดการทดสอบ การเป็นไปตามข้อกำหนดของวิธีการใดวิธีการหนึ่งยอมรับได้ ไม่จำเป็นต้องเป็นไปตามข้อกำหนดทั้งสองวิธี

ข.7 การทดสอบโหลดเกินขณะล๊อคตัวหมุนสำหรับมอเตอร์กระแสตรงในวงจรทุติยภูมิ

มอเตอร์ต้องเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบในข้อ ข.7.1 เว้นแต่ในกรณีที่จากประสบการณ์พบว่าวัดอุณหภูมิให้แม่นยำได้ยากเนื่องจากมอเตอร์มีขนาดเล็กหรือเป็นแบบที่ไม่เป็นที่รู้จัก ให้ใช้การทดสอบตามข้อ ข.7.2 แทนได้ การเป็นไปตามข้อกำหนดอาจเป็นไปตามวิธีใดวิธีหนึ่ง

ข.7.1 วิธีทดสอบ

ให้มอเตอร์ทำงานที่แรงดันไฟฟ้าทำงานและล๊อคตัวหมุนเป็นเวลา 7 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งถึงภาวะคงตัว แล้วแต่ภาวะใดจะนานกว่า อุณหภูมิต้องไม่เกินค่าที่ระบุไว้ในตารางที่ ข.1

ข.7.2 วิธีทดสอบทางเลือก

วางมอเตอร์บนแผ่นไม้ซึ่งหุ้มด้วยกระดาษทิชชูสำหรับห่อของชั้นเดียว และคลุมมอเตอร์ด้วยผ้าฝ้ายบางฟอกชั้นเดียวที่มีน้ำหนักประมาณ 40 กรัมต่อตารางเมตร

หมายเหตุ กระดาษทิชชูสำหรับห่อของกำหนดไว้ใน ISO 4046 เป็นกระดาษสำหรับห่อของที่นุ่ม เหนียว และเบา ที่มีน้ำหนักโดยทั่วไประหว่าง 12 กรัมต่อตารางเมตร กับ 30 กรัมต่อตารางเมตร ใช้สำหรับการบรรจุ ป้องกันสิ่งของที่บอบบางและสำหรับการห่อของขวัญ

ให้มอเตอร์ทำงานที่แรงดันไฟฟ้าทำงานและล็อกตัวหมุนเป็นเวลา 7 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งถึงภาวะคงตัว แล้วแต่ภาวะใดจะนานกว่า

เมื่อสิ้นสุดการทดสอบ กระดาษทิชชูหรือผ้าฝ้ายบางฟอกต้องไม่ติดไฟ

ข.7.3 การทดสอบความทนทานไฟฟ้า

ถ้าแรงดันไฟฟ้าทำงานของมอเตอร์เกิน 42.4 โวลต์ค่ายอดหรือ 60 โวลต์กระแสตรง ภายหลังการทดสอบตามข้อ ข.7.1 หรือข้อ ข.7.2 และหลังจากมอเตอร์เย็นลงสู่อุณหภูมิห้องแล้ว ให้ทดสอบความทนทานไฟฟ้าตามข้อ 5.2.2 แต่ให้ลดแรงดันไฟฟ้าทดสอบลงเป็น 0.6 เท่าของค่าที่ระบุ

ข.8 การทดสอบสำหรับมอเตอร์ที่มีตัวเก็บประจุ

ให้ทดสอบมอเตอร์ที่มีตัวเก็บประจุเลื่อนเฟสภายใต้ภาวะล็อกตัวหมุนโดยลัดวงจรหรือเปิดวงจรตัวเก็บประจุ (แล้วแต่ภาวะใดจะให้ผลเร็วกว่า)

ไม่ต้องทดสอบการลัดวงจรตัวเก็บประจุ ถ้าตัวเก็บประจุออกแบบในลักษณะที่ไม่คงอยู่ในสภาพลัดวงจรเมื่ออยู่ในภาวะลัมเลว

อุณหภูมิต้องไม่เกินค่าที่ระบุไว้ในตารางที่ ข.1

หมายเหตุ ระบุการล็อกตัวหมุนไว้เพราะมอเตอร์บางตัวอาจไม่เริ่มหมุนและอาจให้ผลที่แตกต่างกัน

ข.9 การทดสอบสำหรับมอเตอร์สามเฟส

ให้ทดสอบมอเตอร์สามเฟสภายใต้ภาวะโหลดปกติโดยปลดสายตัวนำออกเส้นหนึ่ง ยกเว้นมอเตอร์มีวงจรควบคุมห้ามการป้อนแรงดันไฟฟ้าเมื่อสายตัวนำที่ป้อนหายไปเส้นหนึ่งหรือมากกว่า

ผลของโหลดและวงจรอื่นภายในบริภัณฑ์ทำให้อาจจำเป็นต้องทดสอบมอเตอร์ภายในบริภัณฑ์และด้วยการปลดสายตัวนำที่ป้อนทั้งสามเส้น ครั้งละ 1 เส้น

อุณหภูมิต้องไม่เกินค่าที่ระบุไว้ในตารางที่ ข.1

ข.10 การทดสอบสำหรับมอเตอร์อนุกรม

ให้ทดสอบมอเตอร์อนุกรมที่แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 1.3 เท่าของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดเป็นเวลา 1 นาที ด้วยโหลดต่ำสุดเท่าที่เป็นไปได้

ภายหลังการทดสอบ ขดลวดและการต่อต้องไม่หลุดหลวมและไม่มีอันตรายตามความหมายของมาตรฐานนี้เกิดขึ้น

ภาคผนวก ก.

(ข้อกำหนด)

หม้อแปลง

(ดูข้อ 1.5.4 และข้อ 5.3.3)

ค.1 การทดสอบโหลดเกิน

ถ้าการทดสอบในภาคผนวกนี้ปฏิบัติภายใต้ภาวะจำลองต่างๆ บนโต๊ะทดสอบ ภาวะจำลองเหล่านี้ต้องรวมอุปกรณ์ป้องกันหม้อแปลงในบริบทที่สมบูรณ์

ให้ทดสอบหม้อแปลงสำหรับหน่วยจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบวิธีสวิตช์ในหน่วยจ่ายกำลังไฟฟ้าสมบูรณ์หรือในบริบทที่สมบูรณ์ โดยต่อโหลดทดสอบเข้ากับทางออกของหน่วยจ่ายกำลังไฟฟ้า

ให้ทดสอบหม้อแปลงเชิงเส้น (linear transformer) หรือหม้อแปลงเฟอร์โร-เรโซแนนซ์ (ferro-resonant transformer) โดยโหลดขดลวดทุติยภูมิแต่ละขดลวดหมุนเวียนกันไป ด้วยโหลดขดลวดทุติยภูมิอื่นใดระหว่างค่าศูนย์กับค่าระบุสูงสุด เพื่อให้มีผลทางความร้อนสูงสุด

ให้ต่อโหลดกับทางออกของหน่วยจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบวิธีสวิตช์เพื่อให้เกิดผลทางความร้อนสูงสุดในหม้อแปลง

หมายเหตุ ตัวอย่างของการต่อโหลดเพื่อให้ผลทางความร้อนสูงสุด ดูภาคผนวก บ.

ไม่ต้องทดสอบตามข้างต้นนี้ในกรณีที่ภาวะโหลดเกินเกิดขึ้นไม่ได้หรือไม่ทำให้เกิดอันตราย

อุณหภูมิสูงสุดของขดลวดต้องไม่เกินค่าในตารางที่ ค.1 เมื่อวัดตามที่ระบุไว้ในข้อ 1.4.13 และหาค่าตามที่ระบุไว้ดังต่อไปนี้

- มีการป้องกันกระแสเกินภายนอก : เมื่ออุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินภายนอกทำงาน สำหรับการหาเวลาจนกระทั่งอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินทำงาน ยอมให้อ้างอิงแผ่นข้อมูลของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาตัดวงจร (trip time) กับกระแส
- มีคัตเอาต์ความร้อนตั้งใหม่อัตโนมัติ : ดังแสดงในตารางที่ ค.1 และภายหลังจาก 400 ชั่วโมง
- มีคัตเอาต์ความร้อนตั้งใหม่ด้วยมือ : เมื่อคัตเอาต์ความร้อนตั้งใหม่ด้วยมือทำงาน
- สำหรับหม้อแปลงจำกัดกระแส : ภายหลังจากอุณหภูมิคงที่

ขดลวดทุติยภูมิที่เกินขีดจำกัดอุณหภูมิแต่กลายเป็นวงจรเปิดหรือต้องการการทดแทนหม้อแปลง ไม่ถือว่าเป็นล้มเหลวในการทดสอบนี้หากไม่ทำให้เกิดอันตรายในความหมายของมาตรฐานนี้

เกณฑ์การเป็นไปตามข้อกำหนด ดูข้อ 5.3.8.1 และข้อ 5.3.8.2

ตารางที่ ค.1 ขีดจำกัดอุณหภูมิที่ยอมให้สำหรับขดลวดหม้อแปลง

อุณหภูมิสูงสุด °C					
วิธีการป้องกัน	ประเภท A	ประเภท E	ประเภท B	ประเภท F	ประเภท H
การป้องกันโดยอิมพีแดนซ์ในตัวหรือภายนอก	150	165	175	190	210
การป้องกันโดยอุปกรณ์ป้องกันซึ่งทำงานในระหว่างชั่วโมงแรก	200	215	225	240	260
การป้องกันโดยอุปกรณ์ป้องกันใดๆ :					
- ค่าสูงสุดหลังชั่วโมงแรก	175	190	200	215	235
- ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ในระหว่างชั่วโมงที่ 2 และในระหว่างชั่วโมงที่ 72	150	165	175	190	210

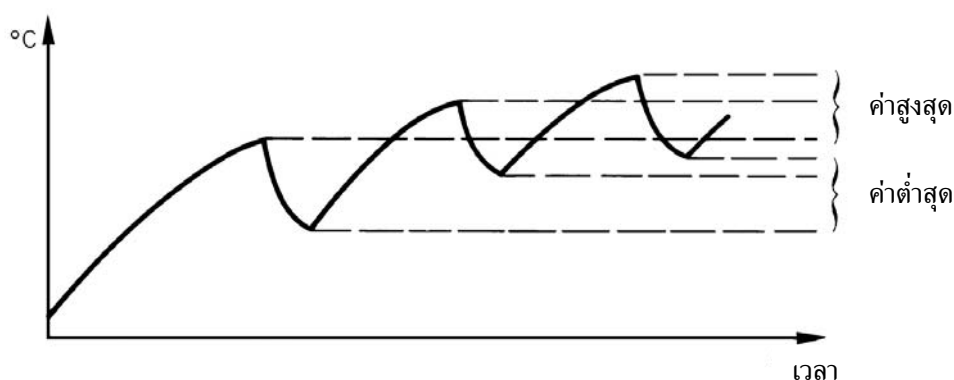
อุณหภูมิเฉลี่ยเลขคณิต คำนวณได้ดังต่อไปนี้

เขียนกราฟของอุณหภูมิกับเวลาในคาบของการทดสอบที่ต้องการพิจารณา (ดูรูปที่ ค.1) ขณะที่กำลังไฟฟ้าที่เข้าสู่หม้อแปลงเปิดและปิดเป็นวัฏจักร อุณหภูมิเฉลี่ยเลขคณิต (t_A) คำนวณได้จากสูตร

$$t_A = \frac{t_{\max} + t_{\min}}{2}$$

เมื่อ $t_{\max}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสูงสุด

$t_{\min}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าต่ำสุด



รูปที่ ค.1 การหาอุณหภูมิเฉลี่ยเลขคณิต

ค.2 ฉนวน

ฉนวนในหม้อแปลงต้องเป็นไปตามข้อกำหนดต่อไปนี้

ขดลวดและส่วนนำไฟฟ้าของหม้อแปลงต้องถือเสมือนว่าเป็นส่วนของวงจรซึ่งสิ่งเหล่านี้ต้องอยู่ (ถ้ามี) ฉนวนระหว่างส่วนเหล่านี้ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องตามข้อ 2.10 และเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบที่เกี่ยวข้องตามข้อ 5.2 ตามการใช้งานของฉนวนในบริษัท (ดูข้อ 2.9.3)

ต้องมีความระมัดระวังเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดระยะห่างในอากาศและระยะห่างตามผิวนวนที่ทำหน้าที่เป็นฉนวนมูลฐาน ฉนวนเพิ่มเติม หรือฉนวนเสริม ลดลงต่ำกว่าค่าต่ำสุดที่กำหนด เนื่องจาก

- การกระจัดของขดลวด หรือรอบของขดลวด
- การกระจัดของสายภายในหรือสายไฟฟ้าสำหรับการต่อภายนอก
- การกระจัดเกินควรของส่วนของขดลวดหรือสายภายใน กรณีที่สายขาดอยู่ใกล้การต่อหรือการต่อหลุดหลวม
- การต่อเชื่อมโยงฉนวนด้วยสาย หมุดเกลียว แหวนรอง และสิ่งที่คล้ายกัน เมื่อสิ่งเหล่านั้นหลวมหรือหลุดออก

การยึดติด 2 แห่งที่เป็นอิสระต่อกันจะไม่เกิดการหลุดหลวมในเวลาเดียวกัน

ขดลวดทั้งหมดต้องมีการยึดรอบท้ายสุดในลักษณะที่มั่นคง

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ การวัด และถ้าจำเป็นโดยการทดสอบดังต่อไปนี้

ถ้าหม้อแปลงมีที่กั้นที่ต่อลงดินสำหรับจุดประสงค์ป้องกันซึ่งถูกแยกออกจากขดลวดปฐมภูมิที่ต่อกับวงจรแรงดันไฟฟ้าอันตรายด้วยฉนวนมูลฐานเท่านั้น ที่กั้นนั้นต้องเป็นไปตามข้อใดข้อหนึ่งดังต่อไปนี้

- เป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 2.6.3.3
- เป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 2.6.3.4 ระหว่างที่กั้นที่ต่อลงดินกับขั้วต่อลงดินป้องกันหลักของบริเวณที่
- เป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบการเสียดทานฉนวนฉนวนของฉนวนมูลฐาน ระหว่างที่กั้นกับขดลวดปฐมภูมิที่ใช้ร่วมกัน หม้อแปลงต้องมีการป้องกันด้วยอุปกรณ์ป้องกันใดๆ ที่ใช้ในการประกอบท้ายสุด ทางเดินของการต่อลงดินป้องกันและที่กั้นต้องไม่เกิดความเสียหาย

หากทดสอบ ให้ใช้ตัวอย่างหม้อแปลงที่เตรียมเป็นการเฉพาะและมีสายนำออกพิเศษจากปลายอิสระของที่กั้นเพื่อให้มั่นใจว่ากระแสไหลผ่านที่กั้นระหว่างการทดสอบ

ไม่ทดสอบความทนทานไฟฟ้าของฉนวนระหว่างขดลวดใดๆ กับแกนหรือที่กั้น หากแกนหรือที่กั้นปิดหุ้มมิดชิดหรือมีเปลือกหุ้ม และไม่มีการต่อทางไฟฟ้าเข้ากับแกนหรือที่กั้น อย่างไรก็ตาม ยังคงต้องทดสอบระหว่างขดลวดที่ปลายสุด

หมายเหตุ ตัวอย่างของรูปแบบการสร้างที่ยอมรับเป็นดังต่อไปนี้ (ยังมีรูปแบบการสร้างอื่นที่ยอมรับได้)

- ขดลวดแยกออกจากกันโดยวางบนขาที่แยกกันของแกน โดยใช้หรือไม่ใช้ล้อยพันลวด
- ขดลวดบนล้อยพันลวดเดี่ยวมีผนังแบ่งกั้น ซึ่งล้อยหรือผนังแบ่งกั้นถูกกดหรือหล่อเป็นชิ้นเดียว หรือผนังแบ่งกั้นแบบสอดเข้า (pushed-on partition) ซึ่งมีเปลือกหรือสิ่งปกคลุมระหว่างกลางจุดต่อของล้อยพันลวดกับผนังแบ่งกั้น
- ขดลวดร่วมศูนย์กลางบนล้อยพันลวดที่เป็นวัสดุฉนวนปราศจากหน้างาน (flanges) หรือบนฉนวนที่ใช้ในรูปแบบบางพันรอบแกนของหม้อแปลง
- มีฉนวนระหว่างขดลวดที่เป็นแผ่นฉนวนยื่นพันรอบท้ายสุดของแต่ละชั้น
- ขดลวดร่วมศูนย์กลาง แยกออกโดยที่กั้นนำไฟฟ้าที่ต่อลงดินซึ่งประกอบด้วยโลหะเคลือบที่คลุมความกว้างทั้งหมดของขดลวดที่มีฉนวนที่เหมาะสมระหว่างขดลวดแต่ละขดกับที่กั้น ที่กั้นนำไฟฟ้าและสายตัวนำออกมีพื้นที่หน้าตัดเพียงพอที่จะมั่นใจว่าหากฉนวนเสียดทานฉนวน อุปกรณ์ไหลตื้นจะเปิดวงจรก่อนที่ที่กั้นจะถูกทำลาย อุปกรณ์ไหลตื้นอาจเป็นส่วนหนึ่งของหม้อแปลง

ภาคผนวก ง.

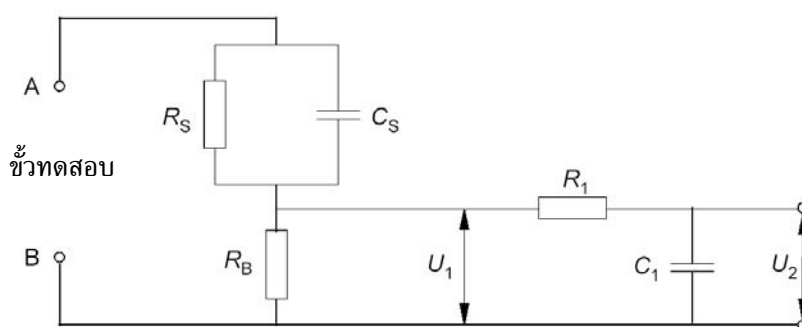
(ข้อกำหนด)

เครื่องวัดสำหรับการทดสอบกระแสไฟฟ้าสัมผัส

(คู่มือ 5.1.4)

ง.1 เครื่องวัด

เครื่องวัดรูปที่ ง.1 อ้างอิงมาตรฐาน IEC 60990 รูปที่ 4

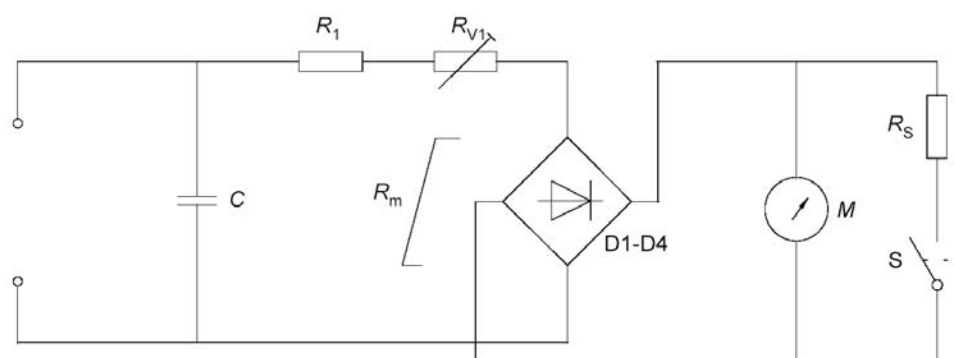


R_S	1 500 Ω
R_B	500 Ω
R_1	10 k Ω
C_S	0.22 μF
C_1	0.022 μF
โวลต์มิเตอร์หรือออสซิลอสโคป	ความต้านทานด้านเข้า > 1 M Ω
(อ่านค่า r.m.s. หรือค่ายอด)	ความจุไฟฟ้าด้านเข้า < 200 pF
	พิสัยความถี่ 15 Hz จนถึง 1 MHz
	(เหมาะสมสำหรับความถี่สูงสุดที่สนใจ ดูข้อ 1.4.7)

รูปที่ ง.1 เครื่องวัด

สอบเทียบเครื่องวัดใช้วิธีเปรียบเทียบตัวประกอบความถี่ (frequency factor – U_2) กับเส้นทึบในรูปที่ F.2 ของ IEC 60990 ที่ความถี่ต่างๆ เขียนเส้นโค้งสอบเทียบแสดงถึงความเบี่ยงเบนของค่า U_2 จากเส้นโค้งอุดมคติที่เป็นฟังก์ชันของความถี่

ง.2 เครื่องวัดทางเลือก



M	การเคลื่อนที่ของขดลวดเคลื่อนที่ 0 mA ถึง 1 mA
$R_1 + R_{V1} + R_m$ ที่ 0.5 mA d.c. =	1500 $\Omega \pm 1\%$ ที่มี $C = 150 \text{ nF} \pm 1\%$ หรือ 2000 $\Omega \pm 1\%$ ที่มี $C = 112 \text{ nF} \pm 1\%$
D1-D4	ตัวเรียงกระแส
R_S	ตัวต้านทานขนานไม่มีความเหนี่ยวนำสำหรับพิสัย $\times 10$
S	ปุ่มความไว (กดสำหรับความไวสูงสุด)

รูปที่ ง.2 เครื่องวัดทางเลือก

เครื่องวัดประกอบด้วยตัวเรียงกระแส/มาตรฐานขดลวดเคลื่อนที่ซึ่งมีตัวต้านทานอนุกรมเพิ่มเติม และมีตัวเก็บประจุต่อขนาน ดังรูปที่ ง.2 ตัวเก็บประจุมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความไวต่อฮาร์โมนิกและความถี่อื่นที่สูงกว่าความถี่ไฟฟ้ากำลัง เครื่องวัดควรรวมพิสัย $\times 10$ ที่ได้มาจากการขนานขดลวดของมาตรวัดด้วยตัวต้านทานไม่มีความเหนี่ยวนำ ยอมให้รวมอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินเข้ามาด้วย หากวิธีที่ใช้ไม่มีผลกระทบต่อลักษณะเฉพาะพื้นฐานของเครื่องวัด

ปรับตั้ง R_{V1} เพื่อให้ได้ค่าความต้านทานรวมที่ 0.5 มิลลิแอมแปร์กระแสตรงที่ต้องการ

สอบเทียบมาตรวัดบนพิสัยความไวสูงสุดที่ 50 เฮิร์ตซ์ ถึง 60 เฮิร์ตซ์ สัญญาณไซน์ชอยด์ ที่ค่าต่อไปนี้

0.25 มิลลิแอมแปร์ 0.5 มิลลิแอมแปร์ 0.75 มิลลิแอมแปร์

ตรวจสอบการตอบสนองที่จุดสอบเทียบ 0.5 มิลลิแอมแปร์ดังต่อไปนี้

ความไวที่ 5 กิโลเฮิร์ตซ์ สัญญาณไซน์ชอยด์ : 3.6 มิลลิแอมแปร์ $\pm$ ร้อยละ 5

ภาคผนวก จ.

(ข้อกำหนด)

อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของขดลวด

(คู่มือ 1.4.13)

ค่าของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของขดลวดคำนวณจากสูตร

$$\Delta t = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (234,5 + t_1) - (t_2 - t_1) \quad \text{สำหรับขดลวดทองแดง}$$

$$\Delta t = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (225 + t_1) - (t_2 - t_1) \quad \text{สำหรับขดลวดอะลูมิเนียม}$$

เมื่อ Δt คือ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เป็นเคลวิน

R_1 คือ ความต้านทานของขดลวดที่จุดเริ่มต้นการทดสอบ เป็นโอห์ม

R_2 คือ ความต้านทานของขดลวดที่จุดสิ้นสุดการทดสอบ เป็นโอห์ม

t_1 คือ อุณหภูมิห้องที่จุดเริ่มต้นการทดสอบ เป็นองศาเซลเซียส

t_2 คือ อุณหภูมิห้องที่จุดสิ้นสุดการทดสอบ เป็นองศาเซลเซียส

ที่จุดเริ่มต้นการทดสอบ ให้ขดลวดอยู่ที่อุณหภูมิห้อง

แนะนำให้หาความต้านทานของขดลวดที่จุดสิ้นสุดการทดสอบโดยการวัดความต้านทานทันทีที่ปิดสวิตช์ และวัดต่อเนื่องในช่วงเวลาสั้น ๆ ให้สามารถเขียนเส้นโค้งระหว่างความต้านทานกับเวลาเพื่อนำมาประมาณค่าความต้านทานในขณะเวลาปิดสวิตช์

เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิของขดลวดที่ได้โดยวิธีคำนวณจากความต้านทานตามภาคผนวกนี้กับขีดจำกัดอุณหภูมิในตารางที่ 4x ให้เพิ่มค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นที่คำนวณได้อีก 25 องศาเซลเซียส

ภาคผนวก ฉ.

(ข้อกำหนด)

การวัดระยะห่างในอากาศและระยะห่างตามผิวฉนวน

(ดูข้อ 2.10)

วิธีวัดระยะห่างในอากาศและระยะห่างตามผิวฉนวนซึ่งระบุไว้ในรูปต่อไปนี้จะใช้ในการตีความข้อกำหนดต่างๆ ของมาตรฐานนี้

ในรูปต่อไปนี้จะใช้ค่า x ให้ไว้ในตารางที่ ฉ.1 ในกรณีที่ระยะที่แสดงน้อยกว่า x เมื่อทำการวัดระยะห่างตามผิวฉนวนจะไม่คำนึงถึงความลึกของช่องหรือร่อง

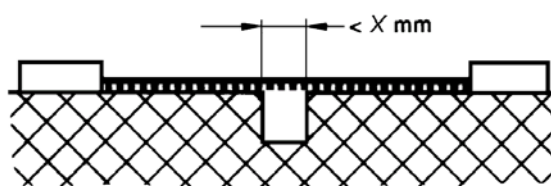
ตารางที่ ฉ.1 มีผลใช้ได้เฉพาะถ้าระยะห่างในอากาศต่ำสุดที่กำหนดไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร ถ้าระยะห่างในอากาศต่ำสุดที่กำหนดน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร ค่าของ x ต้องเป็นค่าใดค่าหนึ่งที้น้อยกว่าค่าดังต่อไปนี้

- ค่าที่เกี่ยวข้องในตารางที่ ฉ.1 หรือ
- 1 ใน 3 ของระยะห่างในอากาศต่ำสุดที่กำหนด

ตารางที่ ฉ.1 ค่าของ x

ระดับมลภาวะ (ดูข้อ 2.10.1)	x mm
1	0.25
2	1.0
3	1.5

ระยะห่างในอากาศและระยะห่างตามผิวฉนวนเป็นไปตามรูปดังต่อไปนี้



เงื่อนไข : เส้นทางที่พิจารณาจนถึงร่องขนานหรือร่องที่ด้านข้างลู่เข้าที่มีความลึกใดๆ และมีความกว้างน้อยกว่า x มิลลิเมตร

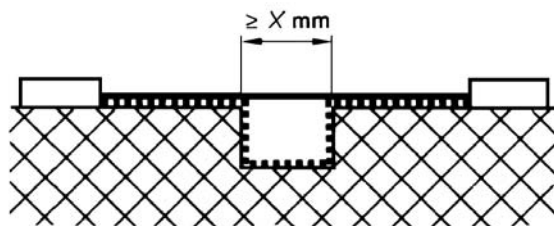
หลักเกณฑ์ : ระยะห่างในอากาศและระยะห่างตามผิวฉนวนให้วัดข้ามร่องในแนวตรง

รูปที่ ฉ.1 ร่องแคบ



ระยะห่างในอากาศ

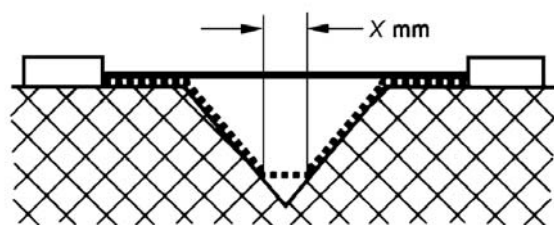
ระยะห่างตามผิวฉนวน



เงื่อนไข : เส้นทางที่พิจารณาจนถึงร่องขนานที่มีความลึกใดๆ และมีความกว้างไม่น้อยกว่า x มิลลิเมตร

หลักเกณฑ์ : ระยะห่างในอากาศคือระยะ “เส้นสายตา” ระยะห่างตามผิวฉนวนให้วัดไปตามคอนทัวร์ของร่อง

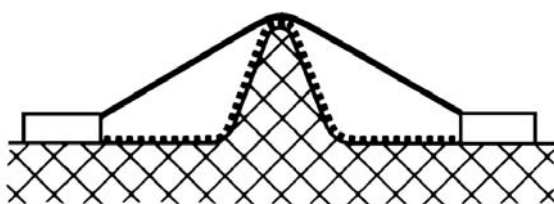
รูปที่ ฉ.2 ร่องกว้าง



เงื่อนไข : เส้นทางที่พิจารณาจนถึงร่องรูปตัววี ที่มีมุมภายในน้อยกว่า 80 องศา และมีความกว้างมากกว่า x มิลลิเมตร

หลักเกณฑ์ : ระยะห่างในอากาศคือระยะ “เส้นสายตา” ระยะห่างตามผิวฉนวนให้วัดไปตามคอนทัวร์ของร่องแต่ “ลัดข้าม” ที่กันร่องเป็นระยะ x มิลลิเมตร

รูปที่ ฉ.3 ร่องรูปตัววี



เงื่อนไข : เส้นทางที่พิจารณาจนถึงครีบ

หลักเกณฑ์ : ระยะห่างในอากาศคือเส้นทางในอากาศตรงที่สั้นที่สุดเหนือยอดครีบ ระยะห่างตามผิวฉนวนให้วัดไปตามเส้นขอบของครีบ

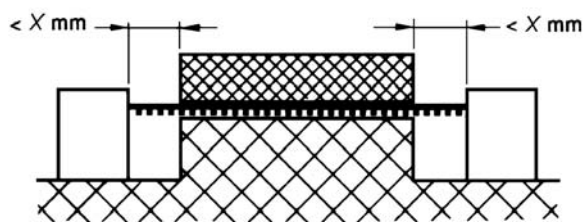
รูปที่ ฉ.4 ครีบ

—————

ระยะห่างในอากาศ

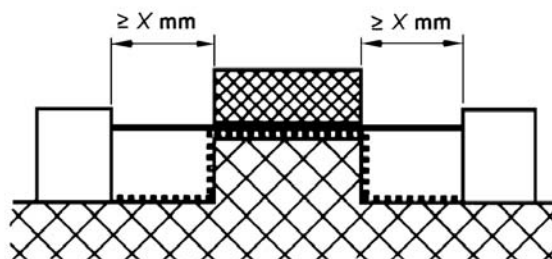
.....

ระยะห่างตามผิวฉนวน



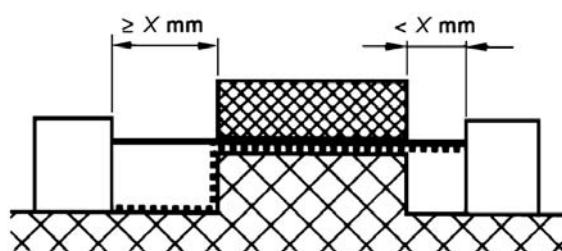
เงื่อนไข : เส้นทางที่พิจารณารวมถึงรอยต่อที่ไม่เชื่อมติดกัน ที่มีร่องซึ่งมีความกว้างน้อยกว่า x มิลลิเมตร ทั้งสองด้าน
 หลักเกณฑ์ : ระยะห่างในอากาศและระยะห่างตามผิวฉนวนคือระยะ “เส้นสายตา” ที่แสดงไว้

รูปที่ จ.5 รอยต่อที่ไม่เชื่อมติดกันที่มีร่องแคบ



เงื่อนไข : เส้นทางที่พิจารณารวมถึงรอยต่อที่ไม่เชื่อมติดกัน ที่มีร่องซึ่งมีความกว้างไม่น้อยกว่า x มิลลิเมตร ทั้งสองด้าน
 หลักเกณฑ์ : ระยะห่างในอากาศคือระยะ “เส้นสายตา” ระยะห่างตามผิวฉนวนให้วัดไปตามคอนทัวร์ของร่อง

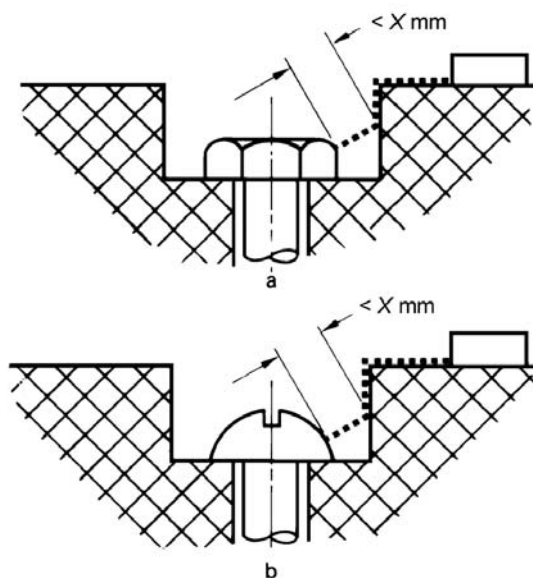
รูปที่ จ.6 รอยต่อที่ไม่เชื่อมติดกันที่มีร่องกว้าง



เงื่อนไข : เส้นทางที่พิจารณารวมถึงรอยต่อที่ไม่เชื่อมติดกัน ที่ด้านหนึ่งมีร่องซึ่งมีความกว้างน้อยกว่า x มิลลิเมตร และอีกด้านหนึ่งมีร่องซึ่งมีความกว้างไม่น้อยกว่า x มิลลิเมตร
 หลักเกณฑ์ : ระยะห่างในอากาศและระยะห่างตามผิวฉนวนคือเส้นทางที่แสดงไว้

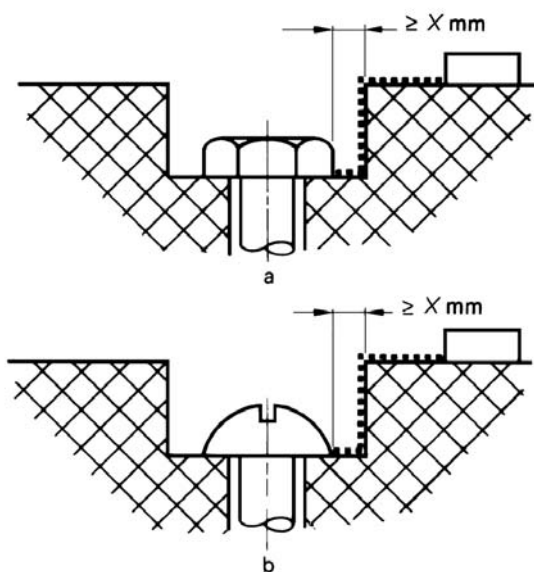
รูปที่ จ.7 รอยต่อที่ไม่เชื่อมติดกันที่มีร่องแคบและร่องกว้าง

———— ระยะห่างในอากาศ
 ระยะห่างตามผิวฉนวน



ช่องว่างระหว่างหัวของหมุดเกลียวกับผนังร่องฝัง แคบเกินไปที่จะนำมาคิดรวมด้วย

รูปที่ ๘.8 ร่องฝังแคบ

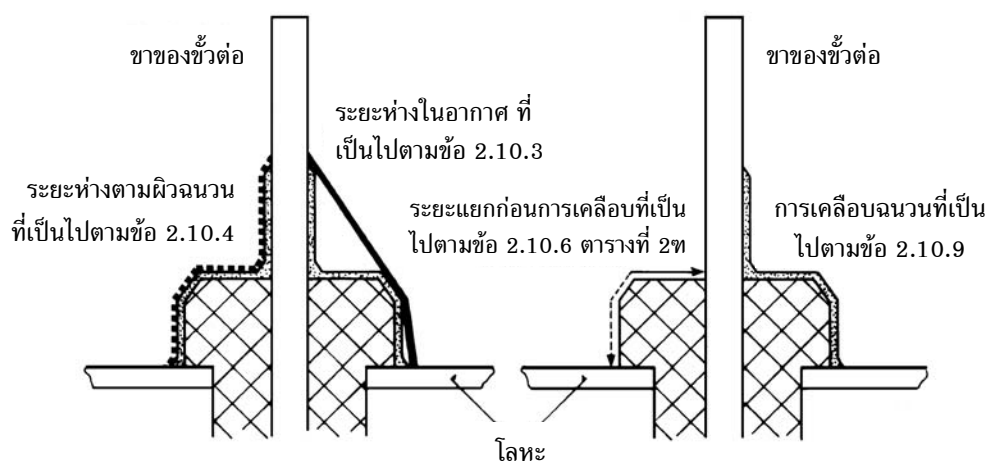


ช่องว่างระหว่างหัวของหมุดเกลียวกับผนังร่องฝัง กว้างพอที่จะนำมาคิดรวมด้วย

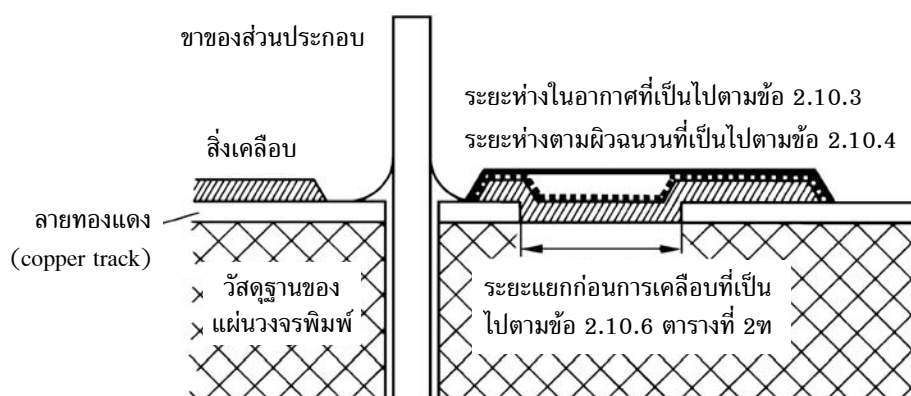
รูปที่ ๘.9 ร่องฝังกว้าง

.....

ระยะห่างตามพิวฉนวน

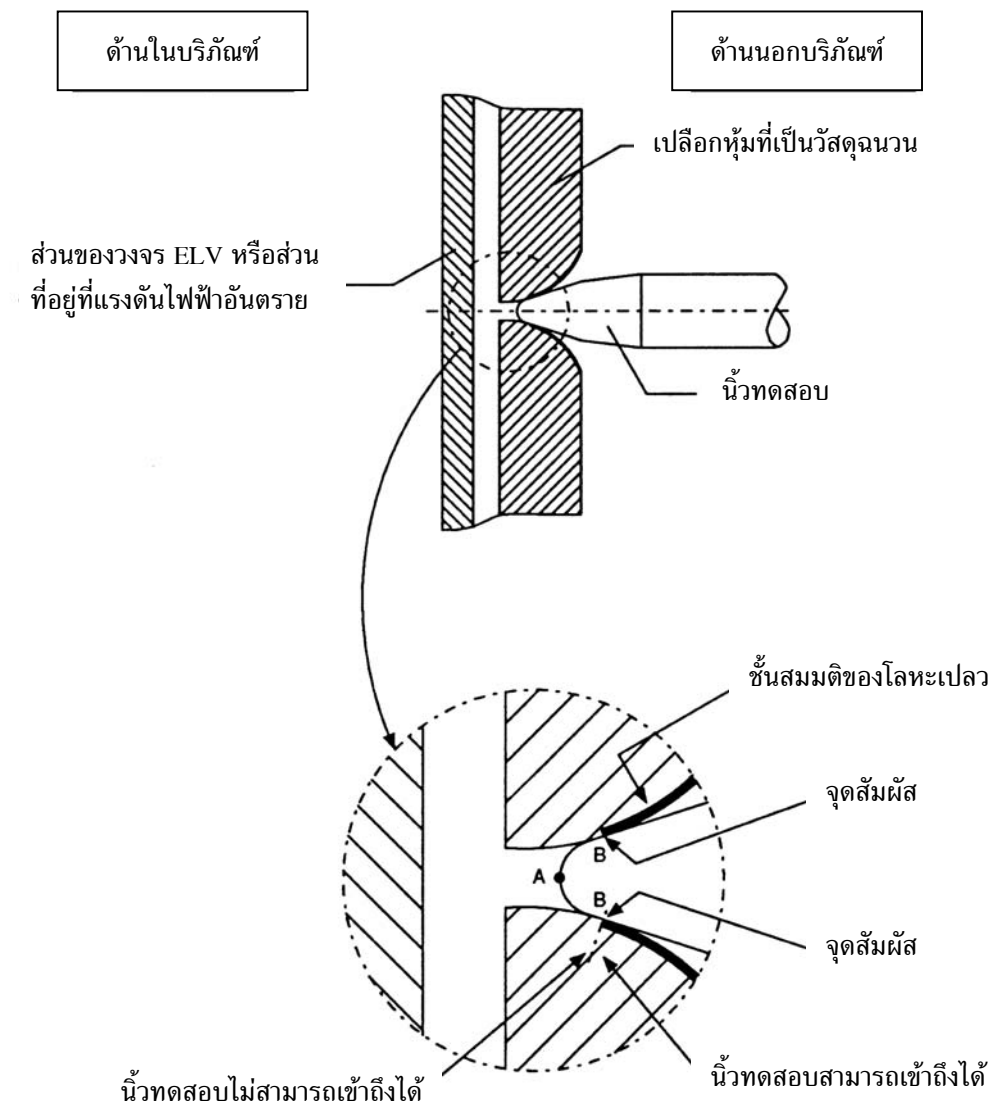


รูปที่ ฉ.10 การเคลือบรอบซั้วต่อ



รูปที่ ฉ.11 การเคลือบบนแผ่นฉนวน

———— ระยะห่างในอากาศ
 ระยะห่างตามผิวฉนวน



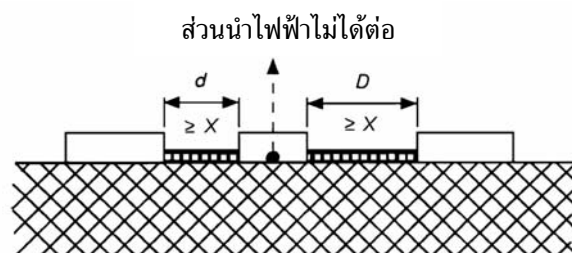
จุด A ใช้สำหรับหาช่องว่างในอากาศไปยังส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าเกิน 1 000 โวลต์กระแสสลับ หรือ 1 500 โวลต์กระแสตรง (ดูข้อ 2.1.1.1)

จุด B ใช้สำหรับการวัดระยะห่างในอากาศและระยะห่างตามผิวฉนวนจากภายนอกปลอกหุ้มที่เป็นวัสดุฉนวนไปยังส่วนที่อยู่ภายในปลอกหุ้ม (ดูข้อ 2.10.3.1 และ 2.10.4)

รูปที่ ฉ.12 ตัวอย่างของการวัดในปลอกหุ้มที่เป็นวัสดุฉนวน

———— ระยะห่างในอากาศ

..... ระยะห่างตามผิวฉนวน



เงื่อนไข : ระยะฉนวนที่มีสิ่งคั่นกลางที่เป็นส่วนนำไฟฟ้าไม่ได้ต่อ

หลักเกณฑ์ : ระยะห่างในอากาศคือระยะ $d + D$

ระยะห่างตามพิกัดแนวนคือระยะ $d + D$ ด้วย

ในกรณีที่ค่าของ d หรือ D น้อยกว่า x ให้ถือว่ามีความเป็นศูนย์

รูปที่ จ.13 สิ่งคั่นกลางที่เป็นส่วนนำไฟฟ้าไม่ได้ต่อ

ระยะห่างในอากาศ

■■■■■■■■■■

ระยะห่างตามพิกณวน

ภาคผนวก ข.

(ข้อกำหนด)

วิธีการเลือกสำหรับการหาระยะห่างในอากาศต่ำสุด

ภาคผนวกนี้ระบุวิธีการเลือกสำหรับการหาระยะห่างในอากาศต่ำสุดที่อ้างอิงในข้อ 2.10.3

ข.1 สรุปขั้นตอนการหาระยะห่างในอากาศต่ำสุด

หมายเหตุ ระยะห่างในอากาศต่ำสุดสำหรับคำนวณตามหน้าที่ จำนวนมูลฐาน จำนวนเพิ่มเติม และจำนวนเสริมทั้งภายในวงจรมูลฐานหรือวงจรรองอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับค่าแรงดันไฟฟ้าที่ทนได้ที่กำหนด ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าที่ทนได้ที่กำหนดขึ้นอยู่กับผลรวมของแรงดันไฟฟ้าทำงานปกติ (รวมถึงค่ายอดแรงดันไฟฟ้าที่เกิดซ้ำเนื่องจากวงจรภายใน เช่น แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบวิธีสวิตช์) กับแรงดันไฟฟ้าเกินที่ไม่เกิดซ้ำเนื่องจากแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวภายนอก

ในการหาค่าต่ำสุดของระยะห่างในอากาศที่กำหนดแต่ละค่า ต้องดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. วัดค่ายอดของแรงดันไฟฟ้าทำงานระหว่างส่วนที่กำหนดหาค่าระยะห่างในอากาศ
2. ถ้าบริษัททำงานด้วยแรงดันไฟฟ้าประธาน
 - หาค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธาน (ข้อ ข.2) และ
 - คำนวณค่ายอดของแรงดันไฟฟ้าประธานกระแสสลับที่ระบุ สำหรับบริษัทที่ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ
3. หาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ทนได้ที่กำหนดสำหรับภาวะชั่วคราวประธานและภาวะชั่วคราวภายใน โดยใช้หลักเกณฑ์ในข้อ ข.4 ก) และค่าแรงดันไฟฟ้าในขั้นตอนที่ 2 ในกรณีที่ไม่มีภาวะชั่วคราวจากโครงข่ายโทรคมนาคม ให้ข้ามไปขั้นตอนที่ 7
4. ถ้าบริษัทต่อเข้ากับโครงข่ายโทรคมนาคม ให้หาค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวในโครงข่ายโทรคมนาคม (ข้อ ข.3)
5. หาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ทนได้ที่กำหนดสำหรับภาวะชั่วคราวในโครงข่ายโทรคมนาคม โดยใช้ค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวในโครงข่ายโทรคมนาคมและหลักเกณฑ์ในข้อ ข.4 ข) ในกรณีที่ไม่มีภาวะชั่วคราวประธานและภาวะชั่วคราวภายใน ให้ข้ามไปขั้นตอนที่ 7
6. หาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ทนได้ที่กำหนดรวมโดยใช้หลักเกณฑ์ในข้อ ข.4 ค)
7. หาค่าระยะห่างในอากาศต่ำสุดโดยใช้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ทนได้ที่กำหนด (ข.6)

หมายเหตุ ในการหาค่าระยะห่างในอากาศไม่รวมผลกระทบของภาวะชั่วคราวจากระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล (อย่างไรก็ตาม ให้ดูข้อ 7.3.1)

ข.2 การหาค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธาน

ข.2.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ

สำหรับบริษัทที่ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ ค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธานขึ้นอยู่กับประเภทแรงดันไฟฟ้าเกินและค่าที่ระบุของแรงดันแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ โดยทั่วไปต้องออกแบบให้ระยะห่างในอากาศของบริษัทที่มีเจตนาให้ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับมีค่าเหมาะสมสำหรับแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธานในแรงดันไฟฟ้าเกินประเภท II

ต้องออกแบบบริเวณที่เป็นส่วนหนึ่งของการติดตั้งระบบกำลังไฟฟ้าภายในอาคาร หรือมีโอกาสได้รับแรงดันไฟฟ้าเกินชั่วคราวมากกว่าแรงดันไฟฟ้าเกินประเภท II ให้เป็นแรงดันไฟฟ้าเกินประเภท III และประเภท IV ยกเว้นมีการจัดเตรียมการป้องกันเพิ่มเติมภายนอกให้กับบริเวณ ในกรณีเช่นนี้ ข้อเสนอแนะการติดตั้งต้องระบุความต้องการของการป้องกันเพิ่มเติมภายนอกนั้น

ให้สังเกตว่าภาคผนวก ข. ระบุวิธีการหาค่าระยะห่างในอากาศต่ำสุดสำหรับแรงดันไฟฟ้าเกินประเภท III และประเภท IV เท่านั้น ต้องพิจารณาถึงสาเหตุอื่นๆ อีกด้วยในการออกแบบสำหรับแรงดันไฟฟ้าเกินประเภท III และประเภท IV เช่น ข้อกำหนดของฉนวนตันและข้อกำหนดของการทดสอบความทนทานไฟฟ้า (ดู IEC 60664-1) และพิกัดที่เหมาะสมของส่วนประกอบในการทนค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วคราว ประธาน ดังแสดงในตารางที่ ข.1

ให้หาค่าที่เหมาะสมของแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธานจากประเภทแรงดันไฟฟ้าเกินและแรงดันแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับที่ระบุโดยใช้ตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 แรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธาน

แรงดันแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับที่ระบุ สายเฟสถึงสายกลาง ไม่มากกว่า V r.m.s.	แรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธาน V ค่ายอด			
	ประเภทแรงดันไฟฟ้าเกิน			
	I	II	III	IV
50	330	500	800	1 500
100	500	800	1 500	2 500
150 ¹⁾	800	1 500	2 500	4 000
300 ²⁾	1 500	2 500	4 000	6 000
600 ³⁾	2 500	4 000	6 000	8 000
¹⁾ รวมทั้ง 120/208 V หรือ 120/240 V ²⁾ รวมทั้ง 230/400 V หรือ 277/480 V ³⁾ รวมทั้ง 400/690 V				

ข.2.2 แหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรง

สำหรับบริเวณที่ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรงและมีการต่อลงดินป้องกันและอยู่ในอาคารหลังเดียว ให้พิจารณาว่าแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธานมีค่าเป็นศูนย์

หมายเหตุ สามารถต่อลงดินป้องกันได้ที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรง หรือที่ตัวบริเวณ หรือทั้งสองที่ (ดู ITU-T Recommendation K.27)

สำหรับบริเวณที่ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรงและไม่มีการต่อลงดินป้องกัน แรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธานในแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสตรงมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธานในวงจรปฐมภูมิ

ข.3 การหาค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวในโครงข่ายโทรคมนาคม

ถ้าไม่ทราบค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวในโครงข่ายโทรคมนาคมที่กำลังพิจารณา ให้ใช้ค่าดังต่อไปนี้

- 1 500 โวลต์ค่ายอด ถ้าวางจรที่ต่อโครงข่ายโทรคมนาคมเป็นวงจร TNV-1 หรือวงจร TNV-3 และ
- 800 โวลต์ค่ายอด ถ้าวางจรที่ต่อโครงข่ายโทรคมนาคมเป็นวงจร SELV หรือวงจร TNV-2

ข.4 การหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ทนได้ที่กำหนด

ก) ภาวะชั่วคราวประธานและภาวะชั่วคราวภายใน

- วงจรปฐมภูมิที่ได้รับแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธานที่ไม่ถูกลดทอน
วงจรปฐมภูมิดังกล่าวต้องใช้หลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้โดยไม่คำนึงถึงผลของภาวะชั่วคราวจากโครงข่ายโทรคมนาคม

หลักเกณฑ์ที่ 1) ถ้าแรงดันไฟฟ้าทำงานค่ายอด (U_{pw}) น้อยกว่าแรงดันไฟฟ้าประธานกระแสสลับที่ระบุ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ทนได้ที่กำหนด ($U_{required\ withstand}, U_{rw}$) เท่ากับแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธาน ($U_{main\ transient}, U_{mt}$) ที่หาได้ในข้อ ข.2

$$U_{rw} = U_{mt}$$

หลักเกณฑ์ที่ 2) ถ้าแรงดันไฟฟ้าทำงานค่ายอด (U_{pw}) มากกว่าแรงดันไฟฟ้าประธานกระแสสลับที่ระบุ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ทนได้ที่กำหนด (U_{rw}) เท่ากับแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธาน (U_{mt}) ที่หาได้ในข้อ ข.2 บวกด้วยค่าต่างระหว่างแรงดันไฟฟ้าทำงานค่ายอดกับค่ายอดของแรงดันไฟฟ้าประธานกระแสสลับที่ระบุ ($U_{main\ peak}, U_{mp}$)

$$U_{rw} = U_{mt} + U_{pw} - U_{mp}$$

- วงจรทุติยภูมิที่มีวงจรปฐมภูมิได้รับแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธานที่ไม่ถูกลดทอน
วงจรทุติยภูมิดังกล่าวต้องใช้หลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้ในการหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ทนได้ที่กำหนดโดยไม่คำนึงถึงผลของภาวะชั่วคราวจากโครงข่ายโทรคมนาคม

ใช้หลักเกณฑ์ที่ 1) และ 2) ข้างต้น โดยแทนที่แรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธานที่หาได้ในข้อ ข.2 ด้วยแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าน้อยกว่าหนึ่งขึ้นตามค่าแรงดันไฟฟ้าต่อไปนี้

330 500 800 1 500 2 500 4 000 6 000 และ 8 000 โวลต์ค่ายอด

อย่างไรก็ตาม การลดค่าแรงดันไฟฟ้านี้ไม่ให้อำนาจวงจรทุติยภูมิที่เป็นอิสระ (floating) นอกจากวงจรนี้อยู่ในบริเวณที่มีขั้วต่อลงดินป้องกันหลักและแยกจากวงจรปฐมภูมิด้วยที่กั้นโลหะที่มีการต่อลงดินป้องกันที่เป็นไปตามข้อ 2.6

อีกทางเลือกหนึ่ง ให้ใช้หลักเกณฑ์ที่ 1) และ 2) ข้างต้น โดยแทนค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธานด้วยค่าแรงดันไฟฟ้าที่หาได้โดยการวัดตามข้อ ข.5 ก)

- วงจรปฐมภูมิและทุติยภูมิที่ไม่ได้รับแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธานที่ไม่ถูกลดทอน
ในวงจรปฐมภูมิและทุติยภูมิดังกล่าวให้หาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ทนได้ที่กำหนดดังต่อไปนี้โดยไม่คำนึงถึงผลของภาวะชั่วคราวจากโครงข่ายโทรคมนาคม ให้ใช้หลักเกณฑ์ที่ 1) และ 2) ข้างต้น โดยแทนค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธานด้วยค่าแรงดันไฟฟ้าที่หาได้โดยการวัดตามข้อ ข.5 ก)
- วงจรทุติยภูมิรับกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงมีการกรองโดยใช้ตัวเก็บประจุ
ในวงจรทุติยภูมิรับกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงมีการกรองโดยใช้ตัวเก็บประจุที่ต่อลงดินใดๆ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ทนได้ที่กำหนดมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

ข) ภาวะชั่วคราวในโครงข่ายโทรคมนาคม

ถ้ามีเฉพาะภาวะชั่วคราวจากโครงข่ายโทรคมนาคม ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ทนได้ที่กำหนดเท่ากับค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวในโครงข่ายโทรคมนาคมที่หาได้ในข้อ ข.3 ยกเว้นถ้าวัดได้ค่าระดับต่ำกว่าเมื่อทดสอบตามข้อ ข.5 ข)

ค) ภาวะชั่วคราวร่วม

ถ้ามีภาวะชั่วคราวทั้งตามข้อ ก) และ ข) ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ทนได้ที่กำหนดเท่ากับค่าแรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่าระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้าทั้งสอง ต้องไม่ใช่เป็นการนำเอาค่าแรงดันไฟฟ้าทั้งสองมารวมกัน

ง) ภาวะชั่วคราวจากระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิล

ไม่นำผลของภาวะชั่วคราวจากระบบกระจายสัญญาณด้วยเคเบิลมาพิจารณา เมื่อหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ทนได้ที่กำหนด

ข.5 การวัดระดับค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วคราว

ใช้ข้อนี้ทดสอบเฉพาะเมื่อต้องการหาว่าแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวक्रमระยะห่างในอากาศในวงจรใด ๆ มีค่าต่ำกว่าปกติหรือไม่ (เช่น เนื่องจากผลของตัวกรองสัญญาณในบริษัท) ให้วัดค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวक्रमระยะห่างในอากาศตามวิธีทดสอบต่อไปนี้ และให้พิจารณาระยะห่างในอากาศจากค่าที่วัดได้ระหว่างการทดสอบ ให้ต่อบริษัทกับหน่วยแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่แยกต่างหาก (ถ้ามี) แต่ไม่ให้ต่อกับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าประธานหรือโครงข่ายโทรคมนาคมใด ๆ และให้ปลดตัวระงับเสิร์จใด ๆ ในวงจรปฐมภูมิให้ต่อเครื่องวัดค่าแรงดันไฟฟ้าक्रमส่วนที่กำหนดหาค่าระยะห่างในอากาศ

ก) ภาวะชั่วคราวจากแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธานบนแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าประธานกระแสสลับ

ให้ใช้เครื่องกำเนิดอิมพัลส์อ้างอิง 2 ตารางที่ ท.1 สร้างอิมพัลส์ 1.2/50 ไมโครวินาที ในการวัดระดับที่ลดลงของแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวक्रमระยะห่างในอากาศเนื่องจากแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธานบนแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าประธานกระแสสลับ U_c มีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวประธานที่หาได้ตามข้อ ข.2 ป้อนอิมพัลส์ 3 ถึง 6 ครั้ง โดยให้อิมพัลส์มีการสลับสภาพมีขั้วแต่ละครั้ง และเว้นช่วงเวลาระหว่างอิมพัลส์อย่างน้อย 1 วินาที เข้าระหว่างแต่ละจุดที่เกี่ยวข้องต่อไปนี้

- สายถึงสาย
- ตัวนำเฟสทั้งหมดต่อรวมกัน กับสายกลาง
- ตัวนำเฟสทั้งหมดต่อรวมกัน กับดินป้องกัน
- สายกลางกับดินป้องกัน

ข) ภาวะชั่วคราวจากแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวในโครงข่ายโทรคมนาคม

ให้ใช้เครื่องกำเนิดอิมพัลส์อ้างอิง 1 ตารางที่ ท.1 สร้างอิมพัลส์ 10/700 ไมโครวินาที ในการวัดระดับที่ลดลงของแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวक्रमระยะห่างในอากาศเนื่องจากแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวในโครงข่ายโทรคมนาคม U_c มีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวในโครงข่ายโทรคมนาคมที่หาได้ตามข้อ ข.3

ป้อนอิมพัลส์ 3 ถึง 6 ครั้ง โดยให้อิมพัลส์มีการสลับสภาพมีขั้วแต่ละครั้ง และเว้นช่วงเวลาระหว่างอิมพัลส์อย่างน้อย 1 วินาที เข้าระหว่างแต่ละตำแหน่งที่ต่อเข้ากับโครงข่ายโทรคมนาคมชนิดอินเตอร์เฟสเดี่ยว ดังต่อไปนี้

- แต่ละคู่ของขั้วต่อ (เช่น A กับ B หรือทีกับบริง) ในอินเทอร์เฟซ
 - ขั้วต่อชนิดอินเทอร์เฟซเดียวกันทั้งหมดต่อรวมกัน กับดิน
- ให้ทดสอบวงจรที่เหมือนกันหนึ่งชุดเท่านั้น

ข.6 การหาค่าระยะห่างในอากาศต่ำสุด

สำหรับบริษัทที่ใช้งานที่ความสูงไม่มากกว่า 2 000 เมตรจากระดับน้ำทะเล ระยะห่างในอากาศต้องเป็นไปตามมิติต่ำสุดที่กำหนดในตารางที่ ข.2 โดยใช้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ทนได้ที่กำหนดที่หาได้ตามข้อ ข.4

สำหรับบริษัทที่ใช้งานที่ความสูงมากกว่า 2 000 เมตรจากระดับน้ำทะเล ให้ใช้ตัวประกอบการคูณในตารางที่ A.2 ของ IEC 60664-1 : 1992 ประกอบกับตารางที่ ข.2 ยอมให้ใช้การประเมินค่าในช่วงระหว่างค่าที่ใกล้กันที่สุด 2 ค่าในตารางที่ A.2 ได้

นอกจากที่กำหนดในข้อ 2.8.7.1 ระยะห่างในอากาศที่กำหนดไม่ใช้กับช่องว่างในอากาศระหว่างหน้าสัมผัสของเทอร์โมสแตต คัตเอาต์ความร้อน อุปกรณ์ป้องกันโหลดเกิน สวิตช์ที่มีโครงสร้างเป็นช่องว่างขนาดเล็ก และส่วนประกอบที่คล้ายกันที่ช่องว่างในอากาศแปรผันตามหน้าสัมผัส

หมายเหตุ สำหรับช่องว่างในอากาศระหว่างหน้าสัมผัสของอุปกรณ์ปลดวงจร ให้ดูข้อ 3.4.2 ช่องว่างในอากาศระหว่างหน้าสัมผัสของสวิตช์อินเทอร์ลอค ให้ดูข้อ 2.8.7.1

ระยะห่างในอากาศที่กำหนดให้มีค่าต่ำสุดดังต่อไปนี้

- 10 มิลลิเมตร สำหรับช่องว่างในอากาศทำหน้าที่ฉนวนเสริมระหว่างส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายกับส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึงของเปลือกหุ้มของบริภัณฑ์วางบนพื้น หรือผิวด้านบนที่ไม่เป็นแนวตั้งของบริภัณฑ์วางบนโต๊ะ
- 2 มิลลิเมตร สำหรับช่องว่างในอากาศทำหน้าที่ฉนวนมูลฐานระหว่างส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าอันตรายกับส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึงที่ต่อลงดินของเปลือกหุ้มภายนอกของบริภัณฑ์เสียบได้ประเภท A

ตารางที่ ข.2 ระยะห่างในอากาศต่ำสุดที่ความสูงไม่มากกว่า 2000 เมตรจากระดับน้ำทะเล

หน่วยของระยะห่างในอากาศเป็นมิลลิเมตร

ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ทนได้ที่กำหนด V ค่ายอด หรือ d.c.	ระยะห่างในอากาศต่ำสุด		
	จำนวนตามหน้าที่	จำนวนมูลฐานและ จำนวนเพิ่มเติม	จำนวนเสริม
≤ 400	0.1	0.2 (0.1)	0.4 (0.2)
800	0.1	0.2	0.4
1 000	0.2	0.3	0.6
1 200	0.3	0.4	0.8
1 500	0.5	0.8 (0.5)	1.6 (1)
2 000	1	1.3 (1)	2.6 (2)
2 500	1.5	2 (1.5)	4 (3)
3 000	2	2.6 (2)	5.2 (4)
4 000	3	4 (3)	6
6 000	5.5	7.5	11
8 000	8	11	16
10 000	11	15	22
12 000	14	19	28
15 000	18	24	36
25 000	33	44	66
40 000	60	80	120
50 000	75	100	150
60 000	90	120	180
80 000	130	173	260
100 000	170	227	340
1) ยอมให้ใช้การประมาณค่าในช่วงระหว่างค่าที่ใกล้กันที่สุด 2 ค่า โดยระยะห่างที่คำนวณได้ให้ปัดขึ้นเป็นลำดับที่สูงกว่า ครั้งละ 0.1 mm 2) ค่าในวงเล็บใช้เฉพาะในกรณีที่ผู้ทำการดำเนินการควบคุมคุณภาพซึ่งมีระดับของการรับประกันอย่างน้อยในระดับเดียวกันตามตัวอย่างที่ให้ไว้ในภาคผนวก ด.2 โดยเฉพาะอย่างยิ่ง จำนวนคู่และจำนวนเสริมต้องทดสอบประจำในรายการความทนทานไฟฟ้า 3) ไม่ต้องใช้ข้อกำหนดที่ให้วงจรทุติยภูมิต้องมีระยะห่างในอากาศต่ำสุดไม่น้อยกว่า 5.0 mm ถ้าสามารถรักษา ระยะห่างในอากาศต่ำสุดที่ 5.0 mm และเส้นทางของระยะห่างในอากาศเป็นดังต่อไปนี้ - อยู่ในอากาศทั้งหมด หรือ - อยู่บนผิวของฉนวนที่เป็นกลุ่มวัสดุ I บางส่วนหรือทั้งหมด และฉนวนที่เกี่ยวข้องเนื่องเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบความทนทานไฟฟ้า ข้อ 5.2.2 โดยใช้ - แรงดันไฟฟ้าทดสอบกระแสสลับที่มีค่ารากกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 1.06 เท่าของแรงดันไฟฟ้าทำงานค่ายอด หรือ - แรงดันไฟฟ้าทดสอบกระแสตรงที่มีค่าเท่ากับค่ายอดของแรงดันไฟฟ้าทดสอบกระแสสลับที่กล่าวไว้ข้างต้น ถ้าเส้นทางระยะห่างในอากาศบางส่วนผ่านพื้นผิวของวัสดุที่ไม่ได้เป็นกลุ่มวัสดุ I ให้ทดสอบความทนทานไฟฟ้าเฉพาะส่วนที่เป็นช่องว่างในอากาศเท่านั้น			

การตรวจสอบให้ทำโดยการวัดตามภาคผนวก จ. ไม่มีการทดสอบความทนทานไฟฟ้าเพื่อการทวนสอบระยะห่างในอากาศ ในการวัดให้ใช้เงื่อนไขต่อไปนี้

- ชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ได้ต้องอยู่ในตำแหน่งที่ให้ผลเร็วที่สุด
- ทดสอบด้วยแรงตามข้อ 4.2.2 ข้อ 4.2.3 และ ข้อ 4.2.4
- เมื่อวัดระยะห่างในอากาศระหว่างเปลือกหุ้มที่เป็นวัสดุฉนวนผ่านช่องแคบยาวหรือช่องเปิดในเปลือกหุ้ม พื้นผิวที่นิวทดสอบตามรูปที่ 2ก (ดูข้อ 2.1.1.1) สามารถสัมผัสได้เมื่อใช้แรงไม่มากนัก (ดูรูปที่ จ.12 จุด B) ให้ถือว่านำไฟฟ้าได้เสมือนหุ้มด้วยโลหะเปลว

ภาคผนวก ข.

(ข้อกำหนด)

การแผ่พลังงานสร้างไอออน

(คู่มือ 4.3.13)

บริษัทซึ่งอาจทำให้เกิดการแผ่พลังงานสร้างไอออนให้ตรวจสอบโดยการวัดปริมาณการแผ่พลังงาน

ปริมาณการแผ่พลังงานหาได้โดยใช้ตัวเฝ้าตรวจการแผ่พลังงานแบบตู้ไอออน (ionizing chamber) ที่มีพื้นที่ยังผล 10 ตารางเซนติเมตร หรือโดยเครื่องวัดแบบอื่นที่ให้ผลเทียบเท่ากัน

ให้วัดโดยให้บริษัทที่ทดสอบทำงานที่แรงดันไฟฟ้าที่ให้ผลเลขที่สุด (คู่มือ 1.4.5) และปรับตั้งอุปกรณ์ควบคุมโดยผู้ใช้เครื่องและอุปกรณ์ควบคุมโดยผู้ซ่อมบำรุงให้อยู่ในตำแหน่งที่ให้การแผ่พลังงานสูงสุดในขณะที่บริษัททำงานในภาวะการใช้งานปกติ

อุปกรณ์ควบคุมที่ตั้งไว้ล่วงหน้าภายในซึ่งไม่มีเจตนาให้มีการปรับตั้งในระหว่างอายุการใช้งานของบริษัท ไม่ถือว่าเป็นอุปกรณ์ควบคุมที่ผู้ซ่อมบำรุงใช้

ที่ระยะห่าง 5 เซนติเมตรใดๆ จากพื้นผิวของพื้นที่ซึ่งผู้ใช้เครื่องเข้าถึง อัตราปริมาณกำหนด (dose-rate) ต้องไม่เกิน 36 พิกะแอมแปร์ต่อกิโลกรัม หรือ 5 ไมโครซีเวิร์ตต่อชั่วโมง หรือ 0.5 มิลลิเรนต์ต่อชั่วโมง (ดูหมายเหตุ 1.) โดยรวมกับระดับพื้นหลัง (background level)

หมายเหตุ 1. คำนีปรากฏใน ICRP 15

หมายเหตุ 2. ไม่มีข้อความ

ภาคผนวก ณ.

(ข้อกำหนด)

ตารางแสดงศักย์เคมีไฟฟ้า (ดูข้อ 2.6.5.6)

ตารางที่ ณ.1 ศักย์เคมีไฟฟ้า

	Magnesium, magnesium alloys	Zinc, zinc alloys	80 tin/20 Zn on steel, Zn on iron or steel	Aluminium or steel	Al/Mg alloy	Mild steel	Duralumin	Lead	Cr on steel, soft solder	Cr on Ni on steel, tin on steel 12 % Cr stainless steel	High Cr stainless steel	Copper, copper alloys	Silver solder, Austenitic stainless steel	Ni on steel	Silver	Rh on Ag on Cu, silver/gold alloy	Carbon	Gold, platinum
0	0,5	0,55	0,7	0,8	0,85	0,9	1,0	1,05	1,1	1,15	1,25	1,35	1,4	1,45	1,6	1,65	1,7	1,75
Ag																		
Al																		
Aluminium																		
Cd																		
Cadmium																		
Cr																		
Chromium																		
Cu																		
Copper																		
Mg																		
Magnesium																		
Ni																		
Nickel																		
Rh																		
Rhodium																		
Zn																		
Zinc																		
Cr on steel, soft solder																		
Cr on Ni on steel, tin on steel																		
12 % Cr stainless steel																		
High Cr stainless steel																		
Copper, copper alloys																		
Silver solder, Austenitic stainless steel																		
Ni on steel																		
Silver																		
Rh on Ag on Cu, silver/gold alloy																		
Carbon																		
Gold, platinum																		

หมายเหตุ การกำหนดเนื่องจากปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าระหว่างโลหะต่างชนิด

ที่สัมผัสกันจะลดลงถ้าศักย์เคมีไฟฟ้ารวมมีค่าน้อยกว่าประมาณ

0.6 โวลต์

ตารางนี้ได้ระบุค่าศักย์เคมีไฟฟ้ารวมของโลหะบางคู่ที่ใช้กันอยู่

ทั่วไป ควรหลีกเลี่ยงการใช้โลหะที่อยู่เหนือเส้นแบ่งในตาราง

ภาคผนวก ญ.

(ข้อกำหนด)

อุปกรณ์ควบคุมความร้อน

(ดูข้อ 1.5.3 และข้อ 5.3.7)

ญ.1 ความสามารถในการตัดและต่อวงจร

เทอร์มอสแตตและตัวจำกัดอุณหภูมิต้องความสามารถในการตัดและต่อวงจรที่เพียงพอ

การเป็นไปตามข้อกำหนดให้ปฏิบัติโดยการนำตัวอย่าง 3 ตัวอย่างไปทดสอบตามข้อ ญ.2 และข้อ ญ.3 หรือการทดสอบตามข้อ ญ.4 ตามความเหมาะสม ถ้าส่วนประกอบมีเครื่องหมาย T ให้นำตัวอย่างหนึ่งตัวอย่างไปทดสอบพร้อมส่วนที่เป็นสวิตช์ที่อุณหภูมิห้อง และอีก 2 ตัวอย่างไปทดสอบพร้อมส่วนที่เป็นสวิตช์ที่อุณหภูมิที่เป็นไปตามเครื่องหมายระบุ

ส่วนประกอบที่ไม่มีเครื่องหมายพิกัดเฉพาะตัวให้ทดสอบในบริษัทหรือแยกต่างหาก แล้วแต่อย่างใดจะสะดวกกว่า แต่ถ้าแยกทดสอบต่างหาก ภาวะการทดสอบต้องคล้ายกับที่เกิดขึ้นในบริษัท

ในระหว่างการทดสอบ ต้องไม่มีอาร์กคงอยู่

ภายหลังการทดสอบ ตัวอย่างต้องไม่แสดงความเสียหายที่จะทำให้มีผลเสียต่อการใช้งานต่อไป การต่อทางไฟฟ้าต้องไม่หลวม ส่วนประกอบต้องทนการทดสอบความทนทานไฟฟ้าตามที่ระบุในข้อ 5.2.2 ยกเว้นว่าแรงดันไฟฟ้าทดสอบสำหรับฉนวนระหว่างหน้าสัมผัสเป็น 2 เท่าของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้เมื่อบริษัททำงานที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดหรือขีดจำกัดบนของพิสัยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด

ระหว่างการทดสอบ ความถี่ของการสวิตช์สามารถเพิ่มขึ้นสูงกว่าความถี่ปกติในการสวิตช์ของบริษัท หากไม่เพิ่มความเสี่ยงที่จะทำให้บริษัททำงานล้มเหลว

ถ้าไม่สามารถทดสอบส่วนประกอบแยกต่างหากได้ ให้ทดสอบกับบริษัทที่มีส่วนประกอบอยู่ภายในจำนวน 3 ตัวอย่าง

ญ.2 ความเชื่อถือได้ของเทอร์มอสแตต

ให้เทอร์มอสแตตทำงานด้วยความร้อน 200 วัฏจักร (ต่อ 200 ครั้งและตัด 200 ครั้ง) โดยให้บริษัททำงานที่แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 1.1 เท่าของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดหรือ 1.1 เท่าของขีดจำกัดบนของพิสัยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด และภายใต้ภาวะโหลดปกติ

ญ.3 การทดสอบความทนทานของเทอร์มอสแตต

ให้เทอร์มอสแตตทำงานด้วยความร้อน 10 000 วัฏจักร (ต่อ 10 000 ครั้งและตัด 10 000 ครั้ง) โดยให้บริษัททำงานที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดหรือที่ขีดจำกัดบนของพิสัยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด และภายใต้ภาวะโหลดปกติ

ญ.4 การทดสอบความทนทานของตัวจำกัดอุณหภูมิ

ให้ตัวจำกัดอุณหภูมิทำงานด้วยความร้อน 1 000 วัฏจักร (ต่อ 1 000 ครั้งและตัด 1 000 ครั้ง) โดยให้บริษัททำงานที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดหรือที่ขีดจำกัดบนของพิสัยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด และภายใต้ภาวะโหลดปกติ

ญ.5 ความเชื่อถือได้ของคัตเอาต์ความร้อน

คัตเอาต์ความร้อนต้องทำงานอย่างเชื่อถือได้

การตรวจสอบให้ทำในขณะที่บริษัททำงานภายใต้ภาวะที่ระบุในข้อ 4.5.1

ให้คัตเอาต์ความร้อนตั้งใหม่อัตโนมัติทำงาน 200 ครั้ง และให้คัตเอาต์ความร้อนตั้งใหม่ด้วยมือทำงาน 10 ครั้งโดยตั้งใหม่หลังการทำงานแต่ละครั้ง

ภายหลังการทดสอบ ตัวอย่างต้องไม่แสดงความเสียหายที่จะทำให้มีผลเสียต่อการใช้งานต่อไป

ยอมให้มีช่วงเวลาพักและการเร่งระบายความร้อน เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับบริษัท

ญ.6 เสถียรภาพในการทำงาน

ต้องสร้างเทอร์มอสแตต ตัวจำกัดอุณหภูมิ และคัตเอาต์ความร้อน ในลักษณะที่การตั้งไม่เปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดเนื่องจากความร้อน การสั่นสะเทือน ฯลฯ ที่เกิดขึ้นในการใช้งานตามปกติ

การตรวจสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจระหว่างการทดสอบการทำงานผิดปกติ ตามข้อ 5.3

ภาคผนวก ก.

(ข้อกำหนด)

ภาวะโหลดปกติสำหรับบริษัทไฟฟ้าทางธุรกิจบางประเภท

(คู่มือ 1.2.2.1 และข้อ 4.5.1)

ก.1 เครื่องพิมพ์ดีด

ป้อนกำลังไฟฟ้าให้เครื่องพิมพ์ดีดโดยไม่มีโหลดจนกระทั่งถึงภาวะคงตัว หลังจากนั้น กรณีเครื่องที่ทำงานด้วยมือให้พิมพ์ตัวอักษรด้วยอัตรา 200 อักขระต่อนาที โดยให้ขึ้นบรรทัดใหม่ทุกๆ 60 อักขระ (รวมระยะห่างของอักขระ) จนกระทั่งถึงภาวะคงตัว กรณีเครื่องที่ทำงานอัตโนมัติให้พิมพ์ตัวอักษรด้วยความเร็วในการพิมพ์สูงสุดที่แนะนำไว้ในเอกสารแนะนำของผู้ทำ

ก.2 เครื่องบวกเลขและเครื่องบันทึกเงินสด

ให้ตั้งค่าหรือใส่ตัวเลข 4 หลักและกดแป้นทำซ้ำ (repeat key) หรือแป้นปฏิบัติการ (operating bar) 24 ครั้ง ต่อนาทีจนกระทั่งถึงภาวะคงตัว ตัวเลข 4 หลักที่ใช้ต้องเป็นแบบที่โหลดเครื่องหนักที่สุด ถ้าเครื่องบันทึกเงินสดมีลิ้นชักซึ่งเปิดทุกครั้งที่เสร็จรายการ ให้เครื่องทำงานที่อัตรา 15 วัฏจักรต่อนาทีโดยให้ปิดลิ้นชักทุกครั้งหลังสิ้นสุดวัฏจักรการทำงานแต่ละครั้งจนกระทั่งถึงภาวะคงตัว การทำงานของเครื่องบวกเลขหรือเครื่องบันทึกเงินสดประกอบด้วยการทำงานของผู้ใช้เครื่องหรือการใส่ตัวเลขให้เครื่องทำงานแล้วตามด้วยการกดแป้นปฏิบัติการ แป้นทำซ้ำหรือที่คล้ายกันสำหรับแต่ละการทำงาน

ก.3 เครื่องลบข้อมูล

ให้เครื่องลบข้อมูลทำงานอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีโหลดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ก.4 เครื่องเหลาดินสอ

ให้เหลาดินสอแท่งใหม่ 5 แท่งๆ ละ 8 ครั้ง ตามตารางเวลาต่อไปนี้ ให้หักปลายดินสอออกก่อนการเหลาทุกครั้ง

เวลาในการเหลา	4 วินาที สำหรับดินสอใหม่
	2 วินาที สำหรับการเหลาครั้งต่อๆ มา
ช่วงเวลาระหว่างการเหลาแต่ละครั้ง	6 วินาที
ช่วงเวลาระหว่างดินสอแต่ละแท่ง	60 วินาที
เวลาทั้งหมดเป็นเวลาโดยประมาณ	

ก.5 เครื่องอัดสำเนาและเครื่องถ่ายเอกสาร

ให้เครื่องอัดสำเนาและเครื่องถ่ายเอกสารทำงานอย่างต่อเนื่องที่ความเร็วสูงสุดจนกระทั่งถึงภาวะคงตัว ยอมให้พักเป็นเวลา 3 นาทีหลังการสำเนาทุก 500 แผ่น ถ้าการพักดังกล่าวสอดคล้องกับการออกแบบของเครื่อง

ญ.6 เครื่องเก็บแฟ้มด้วยมอเตอร์

ให้โหลดเพื่อจำลองภาวะไม่สมดุลที่เกิดขึ้นจากความไม่สม่ำเสมอของการกระจาย ในระหว่างการทำงาน โหลดที่ไม่สมดุลจะลำเลียงไปประมาณ 1 ใน 3 ของระยะลำเลียงทั้งหมดของเส้นทาง ซึ่งจะใส่โหลดสูงสุด ในระหว่างแต่ละการทำงาน ให้ทำซ้ำทุก 15 วินาที จนกระทั่งถึงภาวะคงตัว

ยอมให้จำลองโหลดที่ทำให้เกิดการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอต่อไปนี้

ในกรณีการลำเลียงในแนวตั้ง 3 ใน 8 ของพื้นที่บรรจุจะถูกโหลดโดยปราศจากระยะว่างด้วย 3 ใน 8 ของ โหลดที่ยอมให้ใส่ได้ ทางที่ลำเลียงทั้งหมดจะเคลื่อนด้วยโหลดนี้ วัฏจักรการลำเลียงจะถูกทำซ้ำที่ช่วงเวลา 10 วินาที จนกระทั่งอุณหภูมิคงตัว

ในกรณีการลำเลียงที่ต่างออกไป เช่น ลำเลียงในแนวระดับหรือวงกลม โหลดทั้งหมดจะเคลื่อนตลอดทาง วัฏจักรการลำเลียงจะถูกทำซ้ำที่ช่วงเวลา 15 วินาที จนกระทั่งอุณหภูมิคงตัว

ญ.7 บริภัณฑ์ทางธุรกิจอื่น ๆ

ให้บริภัณฑ์ทางธุรกิจอื่น ๆ ทำงานตามวิธีการทำงานที่ให้ผลเร็วที่สุดที่ให้ไว้ในเอกสารแนะนำของผู้ทำ

ภาคผนวก จ.

(ข้อกำหนด)

เกณฑ์สำหรับสัญญาณเรียกโทรศัพท์

(คู่มือ 2.3.1)

จ.1 บทนำ

วิธีเป็นทางเลือก 2 วิธีที่อธิบายไว้ในภาคผนวกนี้ได้แก่ วิธี A ซึ่งเป็นโครงข่ายโทรศัพท์แอนาล็อกตามแบบอย่างในยุโรป และวิธี B ซึ่งเป็นแบบอย่างในอเมริกาเหนือ ทั้ง 2 วิธีให้ผลในมาตรฐานความปลอดภัยทางไฟฟ้าโดยรวมที่เทียบเท่ากัน

จ.2 วิธี A

วิธีนี้มีข้อกำหนดว่ากระแส I_{TS1} และ I_{TS2} ที่ไหลผ่านตัวต้านทาน 5000 โอห์ม ที่อยู่ระหว่างตัวนำ 2 ตัวใดๆ หรืออยู่ระหว่างตัวนำตัวหนึ่งกับดินมีค่าไม่เกินขีดจำกัดที่กำหนดดังต่อไปนี้

ก) ในการทำงานปกติ I_{TS1} ซึ่งเป็นกระแสไฟฟ้าที่หาได้จากการวัดหรือคำนวณกระแสไฟฟ้าสำหรับช่วงสัญญาณเรียกทำงาน t_1 ครั้งหนึ่ง (ตามที่กำหนดในรูปที่ จ.1) มีค่าไม่เกิน

1) ค่ากระแสไฟฟ้าได้จากเส้นโค้งของรูปที่ จ.2 ที่เวลา t_1 สำหรับสัญญาณเรียกแบบเป็นจังหวะ

($t_1 < \infty$)

2) 16 มิลลิแอมแปร์ สำหรับสัญญาณเรียกแบบต่อเนื่อง ($t_1 = \infty$)

โดยที่ I_{TS1} หน่วยเป็นมิลลิแอมแปร์ คำนวณได้จาก

$$I_{TS1} = \frac{I_p}{\sqrt{2}}$$

กรณี ($t_1 \leq 600$ ms)

$$I_{TS1} = \frac{t_1 - 600}{600} \times \frac{I_{pp}}{2\sqrt{2}} + \frac{1200 - t_1}{600} \times \frac{I_p}{\sqrt{2}}$$

กรณี (600 ms $< t_1 < 1200$ ms)

$$I_{TS1} = \frac{I_{pp}}{2\sqrt{2}}$$

กรณี ($t_1 \geq 1200$ ms)

เมื่อ I_p คือ กระแสไฟฟ้าค่ายอดของรูปคลื่นที่เกี่ยวข้องที่ให้ไว้ในรูปที่ จ.3 หน่วยเป็นมิลลิแอมแปร์

I_{pp} คือ กระแสไฟฟ้าค่ายอดถึงยอดของรูปคลื่นที่เกี่ยวข้องที่ให้ไว้ในรูปที่ จ.3 หน่วยเป็นมิลลิแอมแปร์

t_1 คือ เวลา หน่วยเป็นมิลลิวินาที

- ข) ในการทำงานปกติ I_{TS2} ซึ่งเป็นกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยสำหรับสัญญาณเรียกแบบเป็นจังหวะ ในช่วงเวลา t_2 (ตามที่กำหนดในรูปที่ ฐ.1) มีค่าไม่เกิน 16 มิลลิแอมแปร์ ค่ารากกำลังสองเฉลี่ย

โดยที่ I_{TS2} หน่วยเป็นมิลลิแอมแปร์ คำนวณได้จาก

$$I_{TS2} = \left[\frac{t_1}{t_2} \times I_{TS1}^2 + \frac{t_2 - t_1}{t_2} \times \frac{I_{dc}^2}{3,75^2} \right]^{1/2}$$

เมื่อ I_{TS1} หาได้จาก ฐ.2 ก) หน่วยเป็นมิลลิแอมแปร์

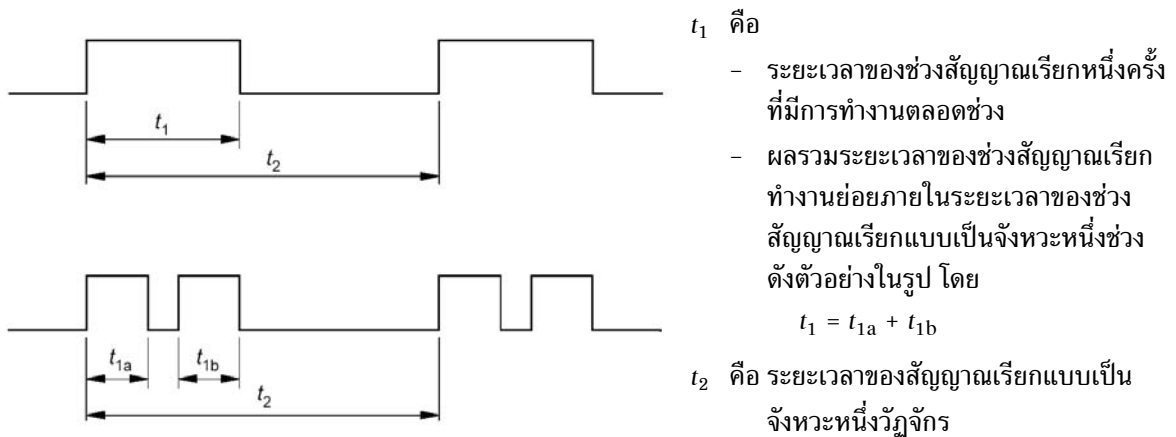
I_{dc} คือ กระแสไฟฟ้ากระแสตรงที่ไหลผ่านตัวต้านทาน 5000 โอห์ม นอกช่วงสัญญาณเรียกทำงาน หน่วยเป็นมิลลิแอมแปร์ (ดูรูปที่ ฐ.1)

t_1 และ t_2 คือ เวลา หน่วยเป็นมิลลิวินาที

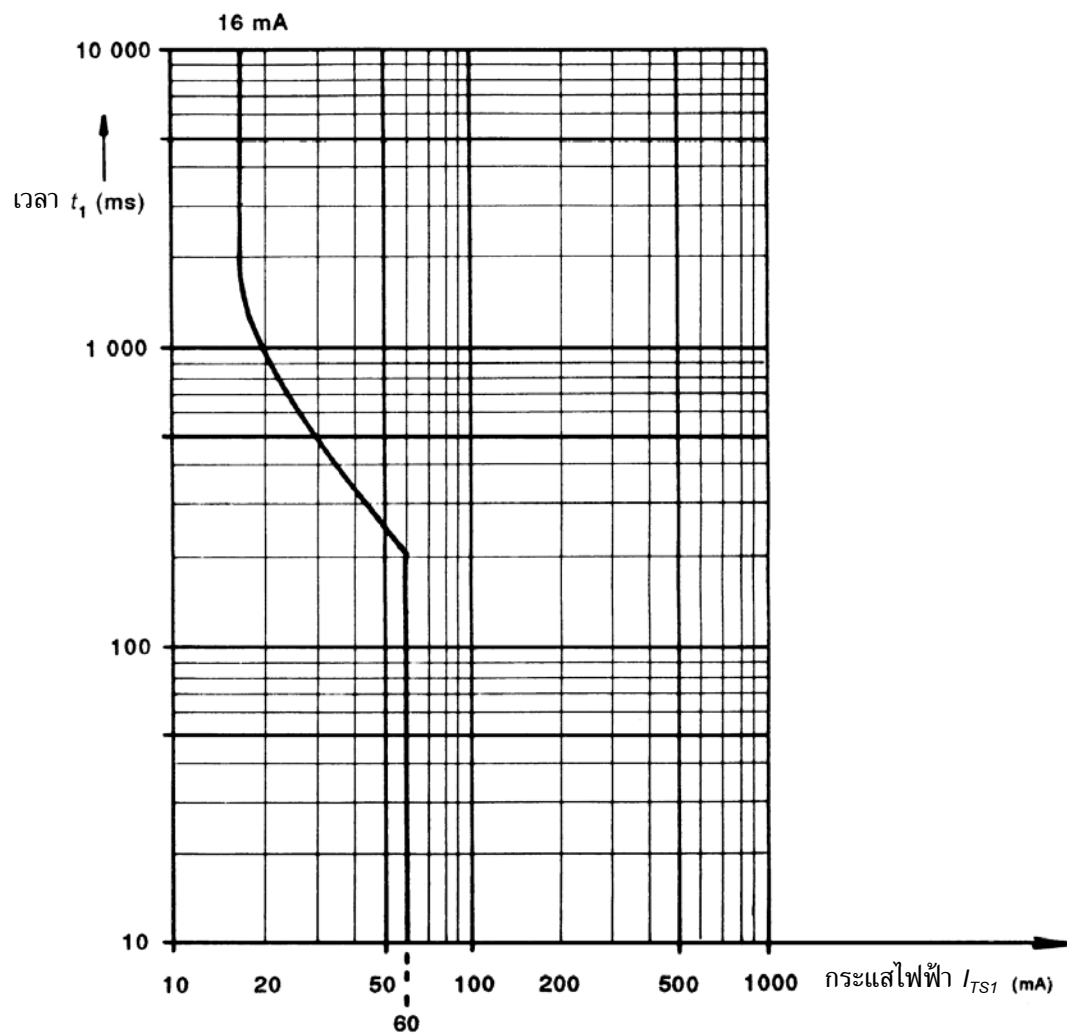
หมายเหตุ ความถี่ของแรงดันสัญญาณเรียกโทรศัพท์ปกติอยู่ภายในพิสัย 14 เฮิรตซ์ ถึง 50 เฮิรตซ์

- ค) ภายใต้ภาวะผิดปกติเพียงอย่างเดียว รวมถึงเมื่อสัญญาณเรียกแบบเป็นจังหวะกลายเป็นสัญญาณเรียกแบบต่อเนื่อง

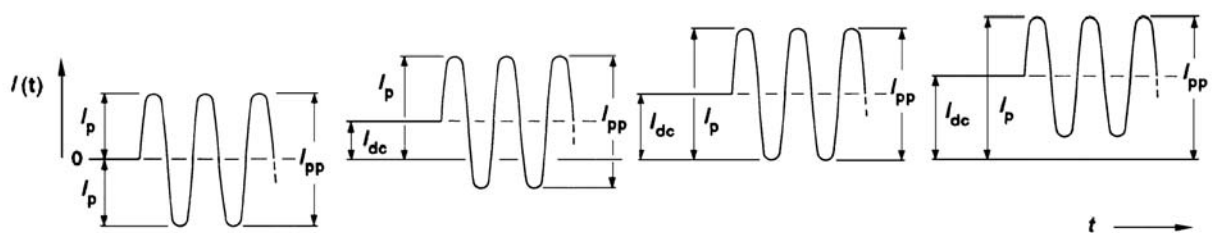
- I_{TS1} ต้องมีค่าไม่เกินค่ากระแสที่ได้จากเส้นโค้งในรูปที่ ฐ.2 หรือ 20 มิลลิแอมแปร์ แล้วแต่ค่าใดจะมากกว่า
- I_{TS2} ต้องไม่เกินขีดจำกัด 20 มิลลิแอมแปร์



รูปที่ ฐ.1 บทนิยามของช่วงสัญญาณเรียกและวัฏจักรของสัญญาณเรียกแบบเป็นจังหวะ



รูปที่ ๒.๒ เส้นโค้งของขีดจำกัด I_{TS1} สำหรับสัญญาณเรียกแบบเป็นจังหวะ



รูปที่ ๒.๓ กระแสไฟฟ้าค้ำยอดและยอดถึงยอด

ฐ.3 วิธี B

หมายเหตุ วิธีนี้นำมาจาก USA CFR 47 (“FCC Rule”) Part 68, Sub-part D โดยเพิ่มเติมข้อกำหนดภายใต้ภาวะผิดปกติ

พร้อม

ฐ.3.1 สัญญาณเรียก

ฐ.3.1.1 ความถี่

สัญญาณเรียกต้องใช้ความถี่ที่มีความถี่มูลฐานไม่มากกว่า 70 เฮิร์ตซ์เท่านั้น

ฐ.3.1.2 แรงดันไฟฟ้า

แรงดันสัญญาณเรียกต้องน้อยกว่า 300 โวลต์ค่ายอดถึงยอด และน้อยกว่า 200 โวลต์ค่ายอดเทียบกับดิน ที่วัดคร่อมตัวต้านทานที่มีค่าอย่างน้อย 1 เมกะโอห์ม

ฐ.3.1.3 จังหวะสัญญาณ

ต้องตัดแรงดันสัญญาณเพื่อทำให้เกิดช่วงเงียบเป็นเวลาอย่างน้อย 1 วินาที ระยะเวลาระหว่างการตัดแต่ละครั้งห่างกันไม่เกิน 5 วินาที ในระหว่างช่วงเงียบ แรงดันไฟฟ้าเทียบกับดินต้องไม่เกิน 56.5 โวลต์กระแสตรง

ฐ.3.1.4 ภาวะผิดปกติเดียว

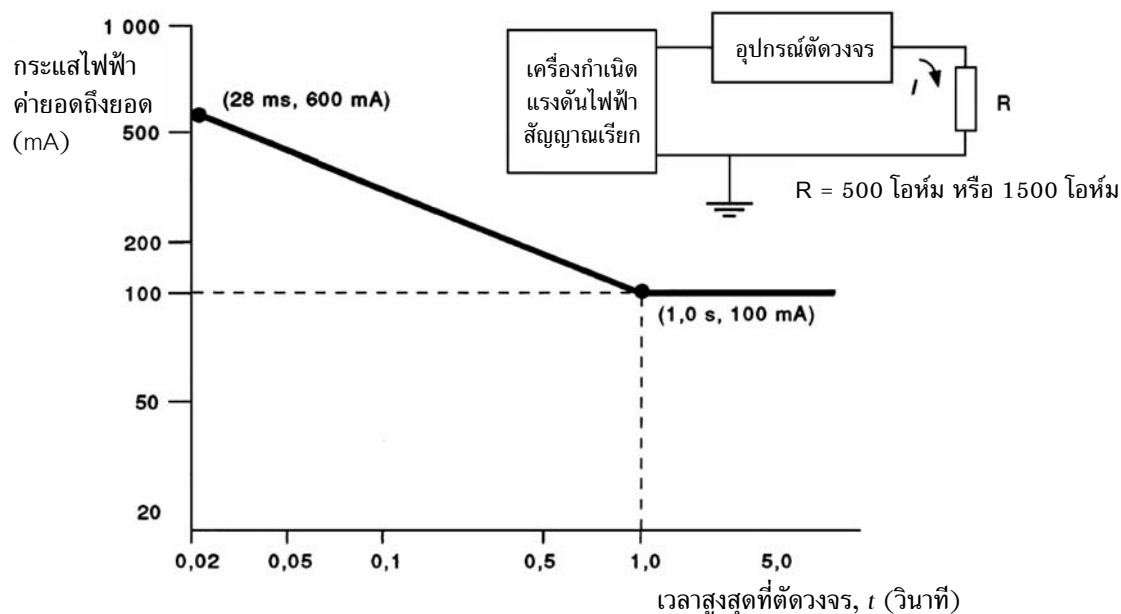
เมื่อสัญญาณเรียกแบบเป็นจังหวะกลายเป็นสัญญาณเรียกแบบต่อเนื่องอันเป็นผลจากภาวะผิดปกติเดียว กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน 5 000 โอห์ม ที่อยู่ระหว่างตัวนำสองตัวใด ๆ หรืออยู่ระหว่างตัวนำตัวหนึ่งกับดิน ต้องมีค่าไม่เกิน 56.5 มิลลิแอมแปร์ค่ายอดถึงยอด ตามที่แสดงไว้ในรูป ฐ.3

ฐ.3.2 อุปกรณ์ตัดวงจรและแรงดันไฟฟ้าเฝ้าตรวจ

ฐ.3.2.1 เงื่อนไขสำหรับการใช้อุปกรณ์ตัดวงจรหรือแรงดันไฟฟ้าเฝ้าตรวจ

วงจรสัญญาณเรียกต้องรวมอุปกรณ์ตัดวงจรตามที่ระบุไว้ในข้อ ฐ.3.2.2 หรือมีแรงดันไฟฟ้าเฝ้าตรวจตามที่ระบุไว้ในข้อ ฐ.3.2.3 หรือทั้งสองอย่าง ขึ้นอยู่กับกระแสที่ผ่านความต้านทานที่ระบุซึ่งต่ออยู่ระหว่างเครื่องกำเนิดสัญญาณเรียกกับดิน ดังต่อไปนี้

- ถ้ากระแสไฟฟ้าผ่านตัวต้านทาน 500 โอห์มไม่เกิน 100 มิลลิแอมแปร์ค่ายอดถึงยอด ไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ตัดวงจรหรือแรงดันไฟฟ้าเฝ้าตรวจ
- ถ้ากระแสไฟฟ้าผ่านตัวต้านทาน 1 500 โอห์มเกิน 100 มิลลิแอมแปร์ค่ายอดถึงยอด ต้องมีอุปกรณ์ตัดวงจร ไม่จำเป็นต้องมีการเฝ้าตรวจแรงดันไฟฟ้าถ้าอุปกรณ์ตัดวงจรเป็นไปตามเกณฑ์ตัดวงจรที่ระบุในรูปที่ ฐ.4 ที่มี $R = 500$ โอห์ม อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องมีการเฝ้าตรวจแรงดันไฟฟ้าถ้าอุปกรณ์ตัดวงจร เป็นไปตามเกณฑ์ตัดวงจรที่มี $R = 1\ 500$ โอห์ม เท่านั้น
- ถ้ากระแสไฟฟ้าผ่านตัวต้านทาน 500 โอห์มเกิน 100 มิลลิแอมแปร์ค่ายอดถึงยอด แต่กระแสไฟฟ้าผ่านตัวต้านทาน 1 500 โอห์มไม่เกิน 100 มิลลิแอมแปร์ค่ายอดถึงยอด ต้องเป็นอย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้
 - ต้องมีอุปกรณ์ตัดวงจร ที่เป็นไปตามเกณฑ์ตัดวงจรที่ระบุในรูปที่ ฐ.4 ที่มี $R = 500$ โอห์ม หรือ
 - ต้องมีแรงดันไฟฟ้าเฝ้าตรวจ



หมายเหตุ 1. เวลา t วัดจากเวลาที่ต่อตัวต้านทาน R เข้ากับวงจร

หมายเหตุ 2. ส่วนเอียงของเส้นกำหนดเป็น $I = 100/\sqrt{t}$

รูปที่ ๓.๔ เกณฑ์ตัดวงจรแรงดันสัญญาณเรียก

๓.๓.๒.๒ อุปกรณ์ตัดวงจร

อุปกรณ์ตัดวงจรไวต่อกระแสที่ต่ออนุกรมในสายสัญญาณเรียกซึ่งจะตัดวงจรสัญญาณตามที่ระบุในรูปที่ ๓.๔

๓.๓.๒.๓ แรงดันไฟฟ้าเข้าตรวจ

แรงดันไฟฟ้าบนตัวนำทิปหรือตัวนำริงเมื่อเทียบกับดินที่มีขนาดอย่างน้อย 19 โวลต์ค่ายอด แต่ไม่เกิน 56.5 โวลต์กระแสตรง เมื่อไม่มีแรงดันสัญญาณเรียก

ภาคผนวก ท.

(ข้อกำหนด)

เครื่องกำเนิดอิมพัลส์สำหรับการทดสอบ

(คู่มือ 2.10.3.4 ข้อ 6.2.2.1 ข้อ 7.3.2 และข้อ ข.5)

หมายเหตุ จำเป็นต้องมีความระมัดระวังอย่างยิ่งเมื่อใช้เครื่องกำเนิดเหล่านี้เนื่องจากมีประจุไฟฟ้าจำนวนมากที่สะสมอยู่ในตัวเก็บประจุ C_1

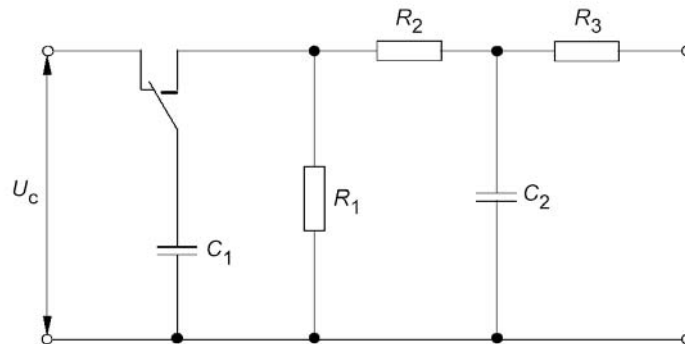
ท.1 เครื่องกำเนิดอิมพัลส์ตาม ITU-T

วงจรในรูปที่ ท.1 ใช้ค่าของส่วนประกอบตามอ้างอิง 1 และ 2 ในตารางที่ ท.1 เพื่อสร้างอิมพัลส์โดยประจุตัวเก็บประจุ C_1 จะมีแรงดันไฟฟ้า U_c

วงจรอ้างอิง 1 ในตารางที่ ท.1 สร้างอิมพัลส์ 10/700 ไมโครวินาที (เวลาหน้าคลื่นเสมือน 10 ไมโครวินาที และเวลาเสมือนลดลงครึ่งหนึ่ง 700 ไมโครวินาที) ดังที่ระบุใน ITU-T Recommendation K.17 เพื่อจำลองสัญญาณรบกวนฟ้าผ่าในโครงข่ายโทรคมนาคม

วงจรอ้างอิง 2 ในตารางที่ ท.1 สร้างอิมพัลส์ 1.2/50 ไมโครวินาที (เวลาหน้าคลื่นเสมือน 1.2 ไมโครวินาที และเวลาเสมือนลดลงครึ่งหนึ่ง 50 ไมโครวินาที) ดังที่ระบุใน ITU-T Recommendation K.21 เพื่อจำลองแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า

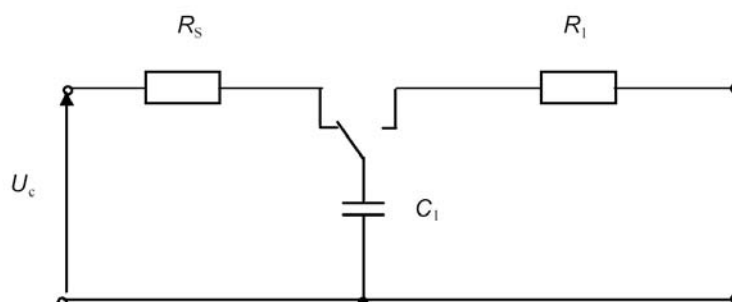
รูปคลื่นของอิมพัลส์อยู่ภายใต้ภาวะเปิดวงจรและอาจแตกต่างกันออกไปภายใต้ภาวะมีโหลด



รูปที่ ท.1 วงจรของเครื่องกำเนิดอิมพัลส์ตาม ITU-T

ท.2 เครื่องกำเนิดอิมพัลส์ตาม IEC 60065

วงจรในรูปที่ ท.2 ใช้ค่าของส่วนประกอบตามอ้างอิง 3 ในตารางที่ ท.1 เพื่อสร้างอิมพัลส์โดยประจุตัวเก็บประจุ C_1 จะมีแรงดันไฟฟ้า U_c สวิตช์ที่ใช้ในรูปที่ ท.2 เป็นส่วนที่มีความสำคัญมากของวงจร ดูข้อมูลเพิ่มเติมได้ใน IEC 60065:1998 ข้อ 10.1



รูปที่ ท.2 วงจรของเครื่องกำเนิดอิมพัลส์ตาม IEC 60065

ตารางที่ ท.1 ค่าของส่วนประกอบสำหรับรูปที่ ท.1 และ ท.2

อ้างอิง	อิมพัลส์	รูปที่	C_1	C_2	R_1	R_2	R_3	R_s	ดูข้อ
1	10/700 μ s	ท.1	20 μ F	0.2 μ F	50 Ω	15 Ω	25 Ω	–	2.10.3.4 6.2.2.1 และ ช.5 b)
2	1.2/50 μ s	ท.1	1 μ F	33 nF	76 Ω	13 Ω	25 Ω	–	2.10.3.4 และ ช.5
3	–	ท.2	1 nF	–	1 k Ω	–	–	15 M Ω	7.3.2
อิมพัลส์อ้างอิง 1 เป็นรูปแบบของแรงดันไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำเข้าสู่สายโทรศัพท์หรือสายแกนร่วมที่มีการเดินสายไฟระยะยาวภายนอกอาคารเนื่องจากอยู่ใกล้บริเวณที่มีฟ้าผ่าลงดิน อิมพัลส์อ้างอิง 2 เป็นรูปแบบของศักย์ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นของดินเนื่องจากมีฟ้าผ่าลงสายส่งกำลังไฟฟ้าหรือเกิดความผิดปกติในสายส่งกำลังไฟฟ้า อิมพัลส์อ้างอิง 3 เป็นรูปแบบของแรงดันไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำเข้าสู่สายของระบบสายอากาศเนื่องจากอยู่ใกล้บริเวณที่มีฟ้าผ่าลงดิน									

ภาคผนวก ด.

(ข้อกำหนด)

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิงที่ระบุต่อไปนี้จะใช้ประกอบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ เอกสารอ้างอิงฉบับที่ระบุปีที่พิมพ์ให้ใช้ฉบับที่ระบุ ส่วนเอกสารอ้างอิงฉบับที่ไม่ระบุปีที่พิมพ์นั้นให้ใช้ฉบับล่าสุด (รวมถึงฉบับแก้ไขเพิ่มเติม)

IEC 60050-151, International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 151: Electrical and magnetic devices

IEC 60050-195, International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 195: Earthing and protection against electric shock

IEC 60065:1985, Audio, video and similar electronic apparatus – Safety requirements

IEC 60073:1996, Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Coding principles for indicating devices and actuators

IEC/TR 60083:1997, Plugs and socket-outlets for domestic and similar general use standardized in member countries of IEC

IEC 60085:1984, Thermal evaluation and classification of electrical insulation

IEC 60112:1979, Method for determining the comparative and the proof tracking indices of solid insulating material under moist conditions

IEC 60216-4-1:1990, Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Part 4: Ageing ovens – Section 1: Single-chamber ovens

IEC 60227 (all parts), Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V

IEC 60245 (all parts), Rubber insulated cables – Rated voltages up to and including 450/750 V

IEC 60309 (all parts), Plugs, socket-outlets and couplers for industrial purposes

IEC 60317-43:1997, Specifications for particular types of winding wires – Part 43: Aromatic polyimide tape wrapped round copper wire, class 240

IEC 60320 (all parts), Appliance couplers for household and similar general purposes

IEC 60364-3:1993, Electrical installations of buildings – Part 3: Assessment of general characteristics

IEC 60364-4-41:1992, Electrical installations of buildings – Part 4: Protection for safety – Chapter 41: Protection against electric shock

IEC 60384-14:1993, Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 14: Sectional specification: Fixed capacitors for electromagnetic interference suppression and connection to the supply mains

IEC 60417-1:, Graphical symbols for use on equipment – Part 1: Overview and application

IEC 60664-1:1992, Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests

- IEC 60695-2-2:1991, Fire hazard testing – Part 2: Test methods – Section 2: Needle-flame test
- IEC 60695-2-11:2000, Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/Hot-wire based test method – Glow-wire flammability test method for end-products
- IEC 60695-2-20:1995, Fire hazard testing – Part 2: Glowing/Hot-wire based test method – Section 20: Hot-wire coil ignitability test on methods
- IEC 60695-10-2:1995, Fire hazard testing – Part 10: Guidance and test methods for the minimization of the effects of abnormal heat on electrotechnical products involved in fires Section 2: Method for testing products made from non-metallic materials for resistance to heat using the ball pressure test
- IEC 60695-11-3:2000, Fire hazard testing – Part 11-3: Test flames – 500 W flames – Apparatus and confirmational test methods
- IEC 60695-11-4:2000, Fire hazard testing – Part 11-4: Test flames – 50 W flames – Apparatus and confirmational test methods
- IEC 60695-11-10:1999, Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods
- IEC 60695-11-20:1999, Fire hazard testing – Part 11-20: Test flames – 500 W flame test methods
- IEC 60730-1:1999, Automatic electrical controls for household and similar use – Part 1: General requirements
- IEC 60825-1:1993, Safety of laser products – Part 1: Equipment classification, requirements and user's guide
- IEC 60825-2:2000, Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems
- IEC/TR 60825-9:1999, Safety of laser products – Part 9: Compilation of maximum permissible exposure to incoherent optical radiation
- IEC 60851-3:1996, Winding wires – Test methods – Part 3: Mechanical properties
- IEC 60851-5:1996, Winding wires – Test methods – Part 5: Electrical properties
- IEC 60851-6:1996, Methods of test for winding wires – Part 6: Thermal properties
- IEC 60885-1:1987, Electrical test methods for electric cables – Part 1: Electrical tests for cables, cords and wires for voltages up to and including 450/750 V
- IEC 60990:1999, Methods of measurement of touch-current and protective conductor current
- IEC 61058-1:2000, Switches for appliances – Part 1: General requirements
- IEC 61965:2000, Mechanical safety of cathode ray tubes
- ISO 178:1993, Plastics – Determination of flexural properties
- ISO 179 (all parts), Plastics – Determination of Charpy impact properties
- ISO 180:2000, Plastics – Determination of Izod impact strength
- ISO 261: 1998, ISO General-purpose metric screw threads – General plan
- ISO 262:1973, ISO General-purpose metric screw threads – Selected sizes for screws, bolts and nuts
- ISO 527 (all parts), Plastics – Determination of tensile properties

ISO 3864:1984, Safety colours and safety signs

ISO 4892 (all parts), Plastics – Methods of exposure to laboratory light sources

ISO 7000:1989, Graphical symbols for use on equipment – Index and synopsis

ISO 8256:1990, Plastics – Determination of tensile–impact strength

ISO 9772:1994, Cellular plastics – Determination of horizontal burning characteristics of small specimens subjected to a small flame

ISO 9773:1998, Plastics – Determination of burning behaviour of thin flexible vertical specimens in contact with a small–flame ignition source

ITU–T Recommendation K.17: 1988, Tests on power–fed repeaters using solid–state devices in order to check the arrangements for protection from external interference

ITU–T Recommendation K.21: 2000, Resistibility of telecommunication equipment installed in customer's premises to overvoltages and overcurrents

ภาคผนวก ฉ.

(ข้อแนะนำ)

บรรณานุกรม

IEC 60127 (all parts), Miniature fuses

IEC 60269-2-1:1998, Low voltage fuses – Part 1: Supplementary requirements for fuses for use by authorised persons (fuses mainly for industrial application) – Sections I to V: Examples of types of standardised fuses

IEC 60364-7-707:1984, Electrical installations of buildings – Part 7: Requirements for special installations or locations – Section 707: Earthing requirements for the installation of data processing equipment

IEC 60410:1973, Sampling plans and procedures for inspection by attributes

IEC 60529:1989, Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)

IEC/TR 60664-4:1997, Insulation coordination for equipment within low voltage systems – Part 4: Considerations of high-frequency voltage stress

IEC 61032:1997, Test probes to verify protection by enclosures

IEC 61140:1997, Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment

ISO Guide 112:2000, Guide on the safety of multimedia equipment

ISO 2859-1:1999, Sampling procedures for inspection by attributes – Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection

ISO 4046:1978, Paper, board, pulp and related terms – Vocabulary

CFR 47, Part 68: Code of Federal Regulations (USA) Part 68: Connection of terminal equipment to the telephone network (commonly referred to as “FCC Rules, part 68”)

CIE Publication 63:1984, The spectroradiometric measurement of light sources

ICRP 15:1969, Protection against ionising radiation from external sources, published for the International Commission on Radiological Protection by Pergamon Press

ITU-T Recommendation K.11:1993, Principles of protection against overvoltages and overcurrents

ITU-T Recommendation K.27:1996, Bonding configurations and earthing inside a telecommunication building

ITU-T Recommendation K.31:1993, Bonding configurations and earthing of telecommunication installation inside a subscriber's building

ภาคผนวก ด.

(ข้อแนะนำ)

ตัวอย่างข้อกำหนดสำหรับกำหนดการควบคุมคุณภาพ

หมายเหตุ ภาคผนวกนี้ให้ตัวอย่างข้อกำหนดสำหรับกำหนดการควบคุมคุณภาพตามทีระบุไว้ในข้อ 2.10.6 สำหรับระยะห่างต่ำสุดของแผ่นวงจรพิมพ์เคลือบ และข้อ 2.10.3 และข้อ 2 สำหรับระยะห่างในอากาศที่ลดลงได้

- ด.1 ระยะแยกต่ำสุดสำหรับแผ่นวงจรพิมพ์เคลือบจำนวนไม่มาก (unpopulated) (ดูข้อ 2.10.6)
- ผู้ทำที่ประสงค์จะใช้ระยะห่างที่ลดลงได้ตามที่ยอมให้ในข้อ 2.10.6 ตารางที่ 2 ต้องนำกำหนดการควบคุมคุณภาพมาใช้กับส่วนที่มีความสำคัญของแผ่นวงจรพิมพ์ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ ด.1 กำหนดการนี้ต้องรวมถึงกำหนดการควบคุมคุณภาพเฉพาะสำหรับเครื่องมือและวัสดุซึ่งมีผลกระทบต่อระยะห่างของตัวนำ การตรวจสอบแบบและระยะห่างที่เพียงพอ ความสะอาด ความหนาของสิ่งเคลือบ การทดสอบทางไฟฟ้าในการลัดวงจร ความต้านทานฉนวน และความทนทานไฟฟ้า
- ผู้ทำต้องระบุและวางแผนการป้องกันและกระบวนการติดตั้ง (ที่เกี่ยวข้อง) ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพ และต้องทำให้มั่นใจว่ากระบวนการเหล่านี้ได้มีการนำไปใช้ภายใต้ภาวะที่มีการควบคุม ภาวะที่มีการควบคุมต้องรวมถึงสิ่งต่อไปนี้
- วิธีปฏิบัติงานที่จัดทำเป็นเอกสาร ซึ่งกำหนดกระบวนการ เครื่องมือ ภาวะแวดล้อม และวิธีการผลิต ซึ่งหากไม่มีวิธีปฏิบัติงานดังกล่าวจะมีผลกระทบต่อคุณภาพ การใช้เครื่องมือการผลิตและการติดตั้งที่เหมาะสม ภาวะแวดล้อมในการทำงานที่เหมาะสม การเป็นไปตามมาตรฐานอ้างอิง ข้อกำหนดทางเทคนิคและแผนคุณภาพ
 - การเฝ้าระวังและควบคุมกระบวนการที่เหมาะสมและลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการผลิตและการติดตั้งในบริษัท
 - กำหนดรายละเอียดเกณฑ์ของฝีมือที่จำเป็นเป็นลายลักษณ์อักษรหรือโดยจัดทำตัวอย่างที่เป็นตัวแทน
 - การเก็บรักษาสันทิกสำหรับกระบวนการ เครื่องมือ และบุคคลากรที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ตามความเหมาะสม

ตารางที่ ด.1 แสดงแผนการชักตัวอย่างสำหรับคุณลักษณะที่ต้องการและการทดสอบที่จำเป็นสำหรับการเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 2.10.6 จำนวนตัวอย่างของแผ่นวงจรพิมพ์ที่ผลิตต้องเป็นไปตาม IEC 60410 หรือ ISO 2859-1 หรือมอก. 465

ตารางที่ ด.1 หลักเกณฑ์สำหรับการชักตัวอย่างและการตรวจสอบ-แผ่นวงจรพิมพ์เคลือบ

การทดสอบ	ฉนวนมูลฐาน	ฉนวนเพิ่มเติม	ฉนวนเสริม
ระยะห่าง มิลลิเมตร ¹⁾	ชักตัวอย่าง S2 AQL 1.0	ชักตัวอย่าง S2 AQL 1.0	ชักตัวอย่าง S2 AQL 1.0
ความทนทานไฟฟ้า ²⁾	ชักตัวอย่าง S2 AQL 2,5	ชักตัวอย่าง S2 AQL 2,5	การทดสอบประจำ ถ้ามีตัวอย่างไม่เป็นไปตาม เกณฑ์การทดสอบ ต้องประเมินหาสาเหตุ
ความต้านทานการขีดถู	ชักตัวอย่าง S1 AQL 2.5	ชักตัวอย่าง S1 AQL 2.5	ชักตัวอย่าง S1 AQL 2.5
การบ่มความร้อน ³⁾	ชักตัวอย่าง S3 AQL 4	ชักตัวอย่าง S3 AQL 4	ชักตัวอย่าง S3 AQL 4
วัฏจักรความร้อน ³⁾	ชักตัวอย่าง S1 AQL 1.5	ชักตัวอย่าง S1 AQL 1.5	ชักตัวอย่าง S1 AQL 1.5
ความต้านทานฉนวน ⁴⁾	ชักตัวอย่าง S2 AQL 2.5	ชักตัวอย่าง S2 AQL 2.5	ชักตัวอย่าง S2 AQL 2.5
การตรวจพินิจการเคลือบ ⁵⁾	การทดสอบประจำ	การทดสอบประจำ	การทดสอบประจำ

1) ยอมให้ใช้การวัดแรงดันไฟฟ้าเสียหายฉับพลันแทนการวัดระยะห่างเพื่อลดเวลาการทดสอบและตรวจสอบ เริ่มต้นให้หาแรงดันไฟฟ้าเสียหายฉับพลันสำหรับแผ่นที่ไม่เคลือบ 10 แผ่นที่ได้รับการยืนยันว่ามีระยะห่างที่ถูกต้อง ต่อมาให้ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าเสียหายฉับพลันของแผ่นที่ไม่เคลือบที่ผลิตตามมากับขีดจำกัดล่างซึ่งมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าเสียหายฉับพลันต่ำสุดของ 10 แผ่นแรกลบด้วย 100 V ถ้าการเสียหายฉับพลันเกิดขึ้นที่ขีดจำกัดล่างนี้ ให้ถือว่าแผ่นวงจรพิมพ์ไม่เป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบ เว้นเสียแต่การวัดระยะห่างยืนยันว่าเป็นไปตามข้อกำหนด

2) การทดสอบความทนทานไฟฟ้าต้องเป็นไปตามข้อ 5.2.2 ยกเว้นระยะเวลาต้องเป็น 1 s ถึง 5 s

3) การทดสอบการอบความร้อนและวัฏจักรความร้อนต้องทำเมื่อใดก็ตามที่ประเภทของวัสดุเคลือบ วัสดุแผ่นวงจรพิมพ์ หรือกระบวนการมีการเปลี่ยนแปลง แนะนำว่าควรทำอย่างน้อยปีละครั้ง

4) ความต้านทานฉนวนต้องไม่น้อยกว่า 1 000 MΩ

5) การตรวจพินิจโดยไม่ใช้แว่นขยายหรือการตรวจพินิจอัตโนมัติเชิงแสงที่มีความละเอียดที่เทียบเท่ากันต้องไม่แสดงให้เห็นถึงรอยแตก ฟองอากาศ รู หรือการหลุดลอกของสิ่งเคลือบในพื้นที่ซึ่งลระยะได้ ต้องถือว่าแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีข้อบกพร่องใดๆ ดังกล่าวไม่เป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบ

ด.2 ระยะห่างในอากาศที่ลดลงได้ (ดูข้อ 2.10.3)

ผู้ทำที่ประสงค์จะใช้ระยะห่างในอากาศที่ลดลงตามที่ยอมให้ในข้อ 2.10.3 ตารางที่ 2ข ตารางที่ 2ฉ ตารางที่ 2ญ และตารางที่ ข.2 ต้องนำกำหนดการควบคุมคุณภาพมาใช้กับส่วนที่มีความสำคัญของแผ่นวงจรพิมพ์ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ ด.2 กำหนดการนี้ต้องรวมถึงกำหนดการควบคุมคุณภาพเฉพาะสำหรับเครื่องมือและวัสดุซึ่งมีผลกระทบต่อระยะห่างในอากาศ

ผู้ทำต้องระบุและวางแผนการป้องกันและกระบวนการติดตั้ง (ที่เกี่ยวข้อง) ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพ และต้องทำให้นับใจว่ากระบวนการเหล่านี้ได้มีการนำไปใช้ภายใต้ภาวะที่มีการควบคุม ภาวะที่มีการควบคุมต้องรวมถึงสิ่งต่อไปนี้

- วิธีปฏิบัติงานที่จัดทำเป็นเอกสาร ซึ่งกำหนดกระบวนการ เครื่องมือ ภาวะแวดล้อม และวิธีการผลิต ซึ่งหากไม่มีวิธีปฏิบัติงานดังกล่าวจะมีผลกระทบต่อคุณภาพ ภาวะแวดล้อมในการทำงานที่เหมาะสม การเป็นไปตามมาตรฐานเกี่ยวเนื่อง ข้อกำหนดทางเทคนิคและแผนคุณภาพ
- การเฝ้าระวังและควบคุมกระบวนการที่เหมาะสมและลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการผลิต และการติดตั้งในบริษัท
- กำหนดรายละเอียดเกณฑ์ของฝีมือที่จำเป็นเป็นลายลักษณ์อักษรหรือโดยจัดทำตัวอย่างที่เป็นตัวแทน
- การเก็บรักษาสัมปทานสำหรับกระบวนการ เครื่องมือ และบุคคลากรที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ตามความเหมาะสม

ตารางที่ ด.2 แสดงแผนการชักตัวอย่างสำหรับคุณลักษณะที่ต้องการและการทดสอบที่จำเป็นสำหรับการเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 2.10.3 จำนวนตัวอย่างของแผ่นวงจรพิมพ์ที่ผลิตต้องเป็นไปตาม IEC 60410 หรือ ISO 2859-1 หรือมอก. 465

ตารางที่ ด.2 หลักเกณฑ์สำหรับการชักตัวอย่างและการตรวจสอบ-ระยะห่างในอากาศที่ลดลงได้

การทดสอบ	ฉนวนมูลฐาน	ฉนวนเพิ่มเติม	ฉนวนเสริม
ระยะห่างในอากาศ ¹⁾	ชักตัวอย่าง S2 AQL 4	ชักตัวอย่าง S2 AQL 4	ชักตัวอย่าง S2 AQL 4
การทดสอบความทนทานไฟฟ้า ²⁾	ไม่ทดสอบ	ไม่ทดสอบ	การทดสอบประจำ ถ้ามี 1 ตัวอย่างไม่เป็นไปตาม เกณฑ์การทดสอบ ต้องประเมินหาสาเหตุ

1) ยอมให้ใช้การวัดแรงดันไฟฟ้าเสียสภาพฉนวนสำหรับแผนการวัดระยะห่างในอากาศเพื่อลดเวลาการทดสอบและตรวจสอบ เริ่มต้นให้หาแรงดันไฟฟ้าเสียสภาพฉนวนสำหรับแผ่นที่ไม่เคลือบ 10 แผ่นที่ได้รับการยืนยันว่ามีระยะห่างในอากาศที่ถูกต้อง ต่อมาให้ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าเสียสภาพฉนวนของแผ่นที่ไม่เคลือบที่ผลิตตามมากับชุดจำกัดล่างซึ่งมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าเสียสภาพฉนวนต่ำสุดของ 10 แผ่นแรกลบด้วย 100 V ถ้าการเสียสภาพฉนวนเกิดขึ้นที่ชุดจำกัดล่างนี้ ให้ถือว่าแผ่นวงจรพิมพ์ไม่เป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบ เว้นเสียแต่การวัดระยะห่างในอากาศยืนยันว่าเป็นไปตามข้อกำหนด

2) การทดสอบความทนทานไฟฟ้าของฉนวนเสริมต้องใช้ทางเลือกใดทางเลือกหนึ่งต่อไปนี้

- อิมพัลส์ 6 ครั้ง (โดยให้อิมพัลส์มีการสลับสภาพมีขั้วแต่ละครั้ง) โดยใช้อิมพัลส์ 1.2/50 μ s ที่มีขนาดเท่ากับค่ายอดของแรงดันไฟฟ้าทดสอบในตารางที่ 5ข (ดูข้อ 5.2.2)
- ความถี่ไฟฟ้ากำลังกระแสสลับ จำนวน 3 วัฏจักร ซึ่งมีขนาดเท่ากับแรงดันไฟฟ้าทดสอบในตารางที่ 5ข (ดูข้อ 5.2.2)
- อิมพัลส์ 6 ครั้ง (โดยให้อิมพัลส์มีการสลับสภาพมีขั้วแต่ละครั้ง) โดยใช้อิมพัลส์ 10 ms d.c. ที่มีขนาดเท่ากับค่ายอดของแรงดันไฟฟ้าทดสอบในตารางที่ 5ข (ดูข้อ 5.2.2)

ภาคผนวก ต.

(ข้อแนะนำ)

การดำเนินการทดสอบอิมพัลส์

(คู่มือ 6.2.2.3)

ต.1 เครื่องมือทดสอบ

เครื่องกำเนิดอิมพัลส์ ตามภาคผนวก ท.

สโตเรจอสซิลโลสโคป (storage oscilloscope) ที่มีแถบความถี่ในย่านเมกะเฮิรตซ์

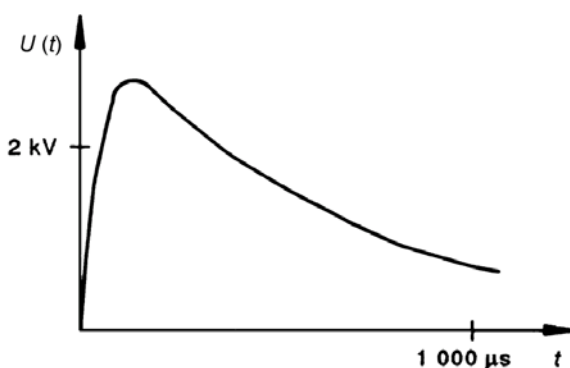
โพรบวัดแรงดันสูงที่มีการชดเชย

ต.2 วิธีทดสอบ

ป้อนอิมพัลส์จำนวนที่กำหนดให้แก่บริภัณฑ์ทดสอบ และบันทึกรูปคลื่น

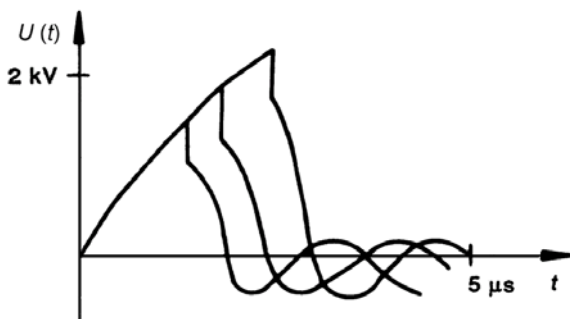
ตัวอย่างที่ให้ไว้ในข้อ ต.3 ช่วยในการพิจารณาว่าตัวระบับเสร็จทำงาน หรือฉนวนเสียหายยับยั้ง

ต.3 ตัวอย่างของรูปคลื่นในระหว่างการทดสอบอิมพัลส์



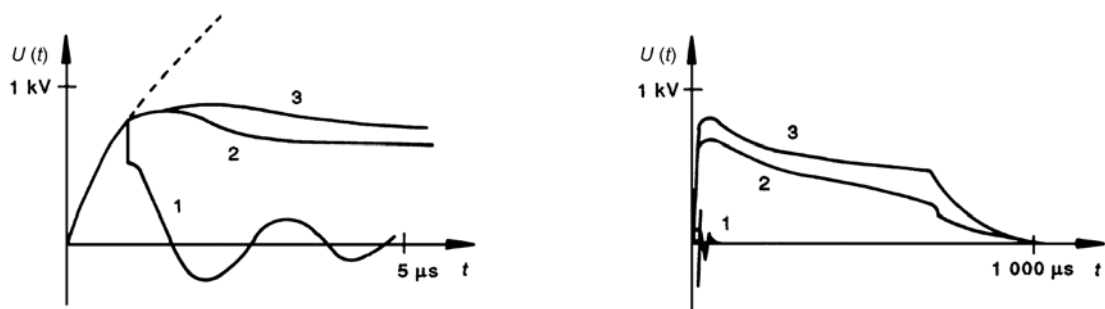
อิมพัลส์ถัดมามีรูปคลื่นเหมือนกัน

รูปที่ ต.1 รูปคลื่นบนฉนวนที่ไม่มีตัวระบับเสร็จและไม่มีการเสียหายยับยั้ง



อิมพัลส์ถัดมามีรูปคลื่นไม่เหมือนกัน รูปร่างของพัลส์เปลี่ยนแปลงจากพัลส์หนึ่งไปอีกพัลส์หนึ่งจนกระทั่งความต้านทานผ่านฉนวนมีค่าคงที่ การเสียหายยับยั้งสามารถเห็นได้อย่างชัดเจนจากรูปคลื่นแรงดันที่บันทึก

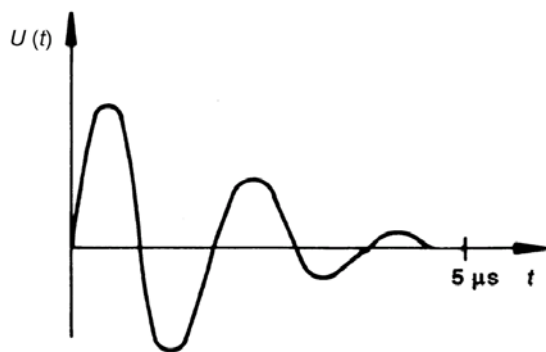
รูปที่ ต.2 รูปคลื่นบนฉนวนที่ไม่มีตัวระบับเสร็จขณะเสียหายยับยั้ง



- 1-แบบปล่อยประจุในก๊าซ
- 2-แบบสารกึ่งตัวนำ
- 3-แบบเมทัลลอกไซด์

อิมพัลส์ที่ติดตามมามีรูปคลื่นเหมือนกัน

รูปที่ ต.3 รูปคลื่นบนฉนวนเมื่อตัวระงับเล็กรทำงาน



รูปที่ ต.4 รูปคลื่นบนฉนวนเมื่อลัดวงจรตัวระงับเล็กรและฉนวน

ภาคผนวก ก.

(ข้อแนะนำ)

แนวทางเกี่ยวกับการป้องกันน้ำเข้า

(คู่มือ 1.1.2)

เมื่อการนำไปใช้งานอยู่ในลักษณะที่อาจมีน้ำเข้า ผู้ทำควรเลือกระดับชั้นการป้องกันน้ำที่ไม่ใช่ IPX0 จาก IEC 60529:1989 ซึ่งได้ตัดทอนเอามารวมไว้ในภาคผนวกนี้

ควรมีการออกแบบเพิ่มเติมเพื่อให้มั่นใจว่าน้ำที่เข้าไปจะไม่ส่งผลกระทบต่อฉนวน

IEC 60529:1989 ระบุว่าการทดสอบไว้สำหรับแต่ละระดับชั้นของการป้องกันน้ำที่ไม่ใช่ IPX0 ให้บริษัทผ่านภาวะที่เหมาะสมกับระดับชั้นการป้องกันที่เลือกไว้ หลังจากนั้นให้ทดสอบความทนทานไฟฟ้าตามที่ระบุในข้อ 5.2.2 ทันทีกับฉนวนส่วนใด ๆ ที่อาจเปียก และการตรวจสอบต้องแสดงให้เห็นว่าน้ำไม่ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บหรือเกิดไฟไหม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม่ควรมีร่องรอยของน้ำบนฉนวนซึ่งไม่ได้ออกแบบไว้ให้ทำงานในภาวะที่เปียกน้ำ

ถ้าบริษัทมีรูระบายน้ำ การตรวจสอบต้องแสดงให้เห็นว่าน้ำที่อาจเข้าไปได้ไม่สะสมและระบายออกโดยไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานไปตามข้อกำหนด

ถ้าบริษัทไม่มีรูระบายน้ำ ควรคำนึงถึงโอกาสที่จะเกิดการสะสมของน้ำ

ในกรณีที่บริษัทมีโอกาสสัมผัสน้ำเพียงบางส่วนเท่านั้น เช่นเมื่อติดตั้งผ่านช่องเปิดในผนังด้านนอก ต้องทดสอบส่วนที่มีโอกาสสัมผัสน้ำเท่านั้นตามภาวะทดสอบใน IEC 60529:1989 สำหรับการทดสอบให้ติดตั้งบริษัทในชุดประกอบทดสอบที่เหมาะสม จำลองภาวะจริงของการติดตั้งตามข้อแนะนำการติดตั้ง รวมถึงการใช้ส่วนชุดปิดผนึกถ้าจำเป็น

ส่วนที่ทำให้มั่นใจว่ามีระดับชั้นการป้องกันน้ำที่กำหนดต้องไม่สามารถถอดออกได้โดยไม่ใช้เครื่องมือ

รายละเอียดในตารางที่ ก.1 ตัดทอนมาจาก IEC 60529:1989

ตารางที่ ถ.1 รายละเอียดที่ตัดทอนมาจาก IEC 60529

ตัวเลขแสดง ลักษณะเฉพาะตัวที่ 2	ระดับการป้องกัน	
	คำอธิบายย่อ	นิยาม
0	ไม่มีการป้องกัน	-
1	ป้องกันหยดน้ำที่ตกในแนวดิ่ง	หยดน้ำที่ตกลงมาในแนวดิ่งต้องไม่มีผลเป็นอันตราย
2	ป้องกันหยดน้ำ เมื่อเปลือกหุ้มเอียงไม่เกิน 15°	หยดน้ำที่ตกลงมาในแนวดิ่งต้องไม่มีผลเป็นอันตราย เมื่อเปลือกหุ้มเอียงเป็นมุมไม่เกิน 15° ไปทางด้านใดด้านหนึ่งของแนวดิ่ง
3	ป้องกันน้ำฝน	น้ำที่ฝนทำมุมไม่เกิน 60° ลงบนด้านในด้านหนึ่งของแนวดิ่ง ต้องไม่มีผลเป็นอันตราย
4	ป้องกันน้ำสาด	น้ำที่สาดใส่เปลือกหุ้มจากทิศทางใดๆ ต้องไม่มีผลเป็นอันตราย
5	ป้องกันน้ำฉีด	น้ำที่ฉีดใส่เปลือกหุ้มจากทิศทางใดๆ ต้องไม่มีผลเป็นอันตราย
6	ป้องกันน้ำฉีดแรงดันสูง	น้ำที่ฉีดด้วยแรงดันสูงใส่เปลือกหุ้มจากทิศทางใดๆ ต้องไม่มีผลเป็นอันตราย
7	ป้องกันผลจากการจุ่มน้ำชั่วคราว	เมื่อจุ่มเปลือกหุ้มในน้ำชั่วคราวภายใต้ภาวะความดันและเวลาที่กำหนด ปริมาณของน้ำที่เข้าไปต้องไม่ทำให้เกิดผลเป็นอันตราย
8	ป้องกันผลจากการแช่น้ำอย่างต่อเนื่อง	เมื่อแช่เปลือกหุ้มในน้ำอย่างต่อเนื่องภายใต้ภาวะซึ่งมีการตกลงกันระหว่างผู้ทำและผู้ใช้ที่รุนแรงมากกว่าตัวเลขแสดงลักษณะเฉพาะ 7 ปริมาณของน้ำที่เข้าไปต้องไม่ทำให้เกิดผลเป็นอันตราย

ภาคผนวก ท.

(ข้อกำหนด)

เส้นลวดหุ้มฉนวนของขดลวดสำหรับใช้โดยไม่ต้องมีฉนวนกัน

(ดูข้อ 2.10.5.4)

ภาคผนวกนี้กำหนดรายละเอียดเส้นลวดของขดลวดที่มีฉนวนซึ่งอาจใช้เป็นฉนวนมูลฐาน ฉนวนเพิ่มเติม ฉนวนคู่หรือฉนวนเสริม ในส่วนประกอบที่มีการพันโดยไม่ต้องมีฉนวนกัน

ภาคผนวกนี้ครอบคลุมเส้นลวดกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 0.05 มิลลิเมตร ถึง 5.00 มิลลิเมตร

ท.1 โครงสร้างของเส้นลวด

ถ้าเส้นลวดหุ้มด้วยแถบฉนวนพันเวียนซ้อนกันตั้งแต่ 2 ชั้นขึ้นไป ต้องมั่นใจว่าชั้นที่ทับซ้อนกันนั้นต่อเนื่องกันไปตลอดการผลิตส่วนประกอบที่มีการพัน ชั้นของแถบฉนวนที่พันเวียนเส้นลวดต้องยึดแน่นเพียงพอที่จะรักษาจำนวนของการทับซ้อนกัน

ท.2 การทดสอบเฉพาะแบบ

เส้นลวดต้องเป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบตามข้อ ท.2.1 ถึงข้อ ท.2.4 ที่อุณหภูมิระหว่าง 15 องศาเซลเซียส ถึง 35 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างร้อยละ 45 ถึงร้อยละ 75 ยกเว้นมีการกำหนดไว้เป็นอย่างอื่น

ท.2.1 ความทนทานไฟฟ้า

ให้เตรียมตัวอย่างทดสอบตาม IEC 60851-5:1996 ข้อ 4.4.1 (สำหรับสายคู่ตีเกลียว) หลังจากนั้นให้ทดสอบตัวอย่างตามข้อ 5.2.2 ของมาตรฐานนี้ แรงดันไฟฟ้าทดสอบต้องไม่น้อยกว่าสองเท่าของแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมในตารางที่ 5x (ดูข้อ 5.2.2) ของมาตรฐานนี้ โดยมีค่าต่ำที่สุดดังต่อไปนี้

- 3 000 โวลต์ สำหรับฉนวนมูลฐานหรือฉนวนเพิ่มเติม หรือ
- 6 000 โวลต์ สำหรับฉนวนเสริม

ท.2.2 การยึดติดและการโค้งงอได้

ให้ใช้การทดสอบแบบที่ 8 ของ IEC 60851-3:1996 ข้อ 5.1.1 โดยใช้แมนเดรลที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตามตารางที่ ท.1 หลังจากนั้นให้ตรวจสอบตัวอย่างตาม IEC 60851-3:1996 ข้อ 5.1.1.4 แล้วทดสอบข้อ 5.2.2 ของมาตรฐานนี้โดยป้อนแรงดันไฟฟ้าทดสอบระหว่างเส้นลวดกับแมนเดรล แรงดันไฟฟ้าทดสอบต้องไม่น้อยกว่าแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมในตารางที่ 5x (ดูข้อ 5.2.2) ของมาตรฐานนี้ โดยมีค่าต่ำที่สุดดังต่อไปนี้

- 1 500 โวลต์ สำหรับฉนวนมูลฐานหรือฉนวนเพิ่มเติม หรือ
- 3 000 โวลต์ สำหรับฉนวนเสริม

ตารางที่ ท.1 เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของแมนเดรล

เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำที่ระบุ mm	เส้นผ่านศูนย์กลางของแมนเดรล mm $\pm$ 0.2 mm
0.05 – 0.34	4.0
0.35 – 0.49	6.0
0.50 – 0.74	8.0
0.75 – 2.49	10.0
2.50 – 5.00	4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำ ¹⁾
¹⁾ ตามที่ระบุใน IEC 60317-43	

แรงดึงที่ใช้ในการพันเส้นลวดบนแมนเดรลให้คำนวณจากเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นลวดที่มีค่าเทียบเท่ากับ $118 \text{ MPa} \pm 10\%$ ($118 \text{ N/mm}^2 \pm 10\%$)

ท.2.3 ช็อกความร้อน

ให้ใช้การทดสอบแบบที่ 9 ของ IEC 60851-6:1996 แล้วทดสอบความทนทานไฟฟ้าข้อ 5.2.2 ของมาตรฐานนี้โดยป้อนแรงดันไฟฟ้าทดสอบระหว่างเส้นลวดกับแมนเดรล แรงดันไฟฟ้าทดสอบต้องไม่น้อยกว่าแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมในตารางที่ 5ข (ดูข้อ 5.2.2) ของมาตรฐานนี้ โดยมีค่าต่ำที่สุดดังต่อไปนี้

- 1 500 โวลต์ สำหรับฉนวนมูลฐานหรือฉนวนเพิ่มเติม หรือ
- 3 000 โวลต์ สำหรับฉนวนเสริม

อุณหภูมิของตุ้บเป็นอุณหภูมิที่สัมพันธ์กับชั้นความร้อนของฉนวนในตารางที่ ท.2

เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของแมนเดรลและแรงดึงที่ใช้ในการพันเส้นลวดบนแมนเดรลให้เป็นไปตามข้อ ท.2.2

ให้ทดสอบความทนทานไฟฟ้าที่อุณหภูมิห้องภายหลังนำตัวอย่างออกจากตุ้บ

ตารางที่ ท.2 อุณหภูมิของตุ้บ

ชั้นความร้อน	A (105)	E (120)	B (130)	F (155)	H (180)
อุณหภูมิของตุ้บ $^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$	200	215	225	240	260

ท.2.4 การคงสภาพความทนทานไฟฟ้าการโค้งงอ

ให้เตรียมตัวอย่าง 5 ชิ้นตามข้อ ท.2.2 ถอดตัวอย่างแต่ละชิ้นออกจากแมนเดรลและวางในภาชนะในลักษณะที่ถูกล้อมรอบทุกทิศทางด้วยลูกปทราย (metal shot) อย่างน้อย 5 มิลลิเมตร ปลายตัวนำของตัวอย่างต้องยาวพอที่จะไม่ทำให้เกิดการวาบไฟตามผิว ลูกปทรายต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2 มิลลิเมตรและต้องทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม นิเกิล หรือเหล็กชุบนิกเกิล เติมลูกปทรายอย่างระมัดระวังลงในภาชนะจนคลุมท่วมตัวอย่างทดสอบอย่างน้อย 5 มิลลิเมตร ต้องทำความสะอาดลูกปทรายอย่างสม่ำเสมอด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม (เช่น 1,1,1-ไตรคลอโรอีเทน)

หมายเหตุ การดำเนินการทดสอบข้างต้นคัดลอกมาจาก IEC 60851-5:1988 (ฉบับพิมพ์ครั้งที่สอง รวมฉบับแก้ไขเพิ่มเติมฉบับที่ 1) ซึ่งได้ยกเลิกแล้ว การดำเนินการทดสอบดังกล่าวไม่ได้รวมอยู่ในมาตรฐาน IEC 60851-5 ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 3

แรงดันไฟฟ้าทดสอบต้องไม่น้อยกว่าแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมในตารางที่ 5ข (ดูข้อ 5.2.2) ของมาตรฐานนี้ โดยมีค่าต่ำที่สุดดังต่อไปนี้

- 1 500 โวลต์ สำหรับฉนวนมูลฐานหรือฉนวนเพิ่มเติม หรือ
- 3 000 โวลต์ สำหรับฉนวนเสริม

ให้ป้อนแรงดันไฟฟ้าทดสอบระหว่างลูกปลายกับตัวนำ

เส้นผ่านศูนย์กลางของแมนเดรอลและแรงดึงที่ใช้ในการพันเส้นลวดบนแมนเดรอลให้เป็นไปตามข้อ ท.2.2

ท.3 การทดสอบระหว่างการทำ

ผู้ทำเส้นลวดต้องทดสอบเส้นลวดระหว่างการทำด้วยรายการความทนทานไฟฟ้าตามที่กำหนดในข้อ ท.3.1 และ ท.3.2

ท.3.1 การทดสอบประจำ

แรงดันไฟฟ้าทดสอบสำหรับการทดสอบประจำต้องใช้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมในตารางที่ 5ข (ดูข้อ 5.2.2) ของมาตรฐานนี้ โดยมีค่าต่ำที่สุดดังต่อไปนี้

- 1 500 โวลต์ ค่ารากกำลังสองเฉลี่ย หรือ 2 100 โวลต์ค่ายอด สำหรับฉนวนมูลฐานหรือฉนวนเพิ่มเติม หรือ
- 3 000 โวลต์ ค่ารากกำลังสองเฉลี่ย หรือ 4 200 โวลต์ค่ายอด สำหรับฉนวนเสริม

ท.3.2. การสุ่มทดสอบ

ต้องทดสอบสายคู่ตีเกลียวตาม IEC 60851-5:1996 ข้อ 4.4.1 แรงดันไฟฟ้าเสียสภาพฉบับล้นต่ำสุดต้องไม่น้อยกว่าสองเท่าของแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมในตารางที่ 5ข (ดูข้อ 5.2.2) ของมาตรฐานนี้ โดยมีค่าต่ำที่สุดดังต่อไปนี้

- 3 000 โวลต์ ค่ารากกำลังสองเฉลี่ย หรือ 4 200 โวลต์ค่ายอด สำหรับฉนวนมูลฐานหรือฉนวนเพิ่มเติม หรือ
- 6 000 โวลต์ ค่ารากกำลังสองเฉลี่ย หรือ 8 400 โวลต์ค่ายอด สำหรับฉนวนเสริม

ภาคผนวก ข.

(ข้อกำหนด)

ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ

(ข้อ 1.6.1)

ข.1 บทนำ

ใน IEC 60364-3 ได้จัดประเภทระบบจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นประเภท TN TT และ IT ตามลักษณะการจัดวางตัวนำกระแสและวิธีการต่อลงดิน ภาคผนวกนี้อธิบายรายละเอียดของประเภทและสัญลักษณ์ รูปที่แสดงเป็นตัวอย่างของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าแต่ละประเภท ซึ่งยังคงมีรูปแบบอื่นๆ นอกเหนือจากที่แสดงไว้

ในรูปที่แสดง

- โดยทั่วไป ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าใช้กับบริภัณฑ์เฟสเดียวและสามเฟส แต่เพื่อความสะดวกจึงแสดงเฉพาะบริภัณฑ์เฟสเดียว
- แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าอาจได้จากด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ หรือระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง
- รูปบางรูปสามารถใช้ได้กับหม้อแปลงในอาคารของผู้ใช้ และขอบเขตของอาคาร (ที่แสดงในรูป) หมายถึงพื้นที่ของอาคาร
- ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าบางระบบมีจุดต่อลงดินเพิ่มเติม เช่น ที่จุดรับไฟฟ้าของอาคารของผู้ใช้ (ดู IEC 60364-4-41 ข้อ 413.1.3.1 หมายเหตุ 1)

ในภาคผนวกพิจารณาแบบการต่อบริภัณฑ์ดังต่อไปนี้ จำนวนสายที่กล่าวถึงไม่รวมตัวนำที่ใช้สำหรับการต่อลงดินเป็นการเฉพาะ

เฟสเดียว 2 สาย

เฟสเดียว 3 สาย

สองเฟส 3 สาย

สามเฟส 3 สาย

สามเฟส 4 สาย

ระบบสัญลักษณ์ที่ใช้มีความหมายดังต่อไปนี้

- อักษรตัวที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบจ่ายกำลังไฟฟ้ากับดิน
 - T หมายถึง ขั้วหนึ่งต่อตรงกับดิน
 - I หมายถึง ระบบแยกออกจากดิน หรือมีหนึ่งจุดต่อกับดินผ่านอิมพีแดนซ์
- อักษรตัวที่ 2 แสดงลักษณะการต่อลงดินของบริภัณฑ์
 - T หมายถึง การต่อทางไฟฟ้าโดยตรงของบริภัณฑ์กับดิน แยกต่างหากจากการต่อลงดินของตำแหน่งใดๆ ของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า
 - N หมายถึง การต่อทางไฟฟ้าโดยตรงของบริภัณฑ์กับจุดต่อลงดินของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า (ในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ จุดต่อลงดินของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้ามักเป็นจุดเป็นกลาง (neutral point) หรือสายตัวนำเฟสในกรณีที่ไม่มีจุดเป็นกลาง)

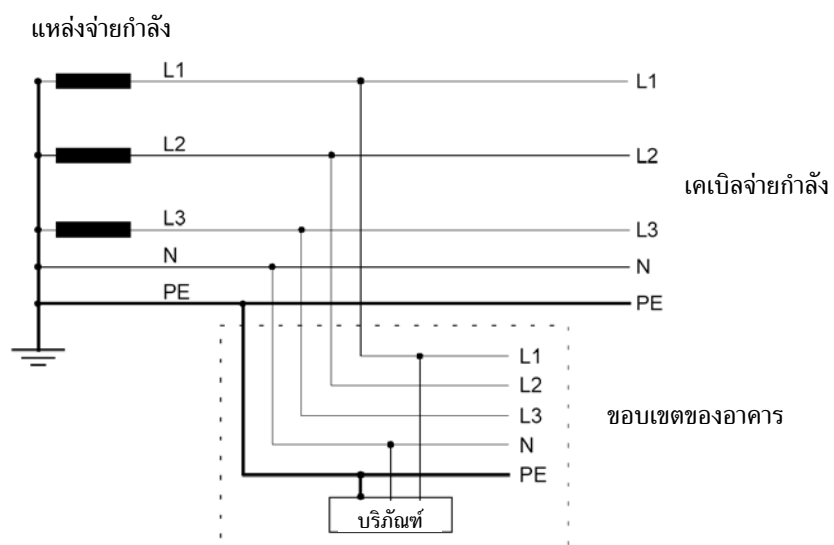
- อักษรตัวต่อไป (ถ้ามี) แสดงการจัดตัวนำเป็นกลางและตัวนำป้องกัน
 - S หมายถึง หน้าทำการป้องกันที่ได้จากตัวนำที่แยกจากตัวนำเป็นกลางหรือที่แยกจากตัวนำสายดิน (หรือเฟสที่ต่อลงดินในระบบกระแสสลับ)
 - C หมายถึง หน้าทำการเป็นกลางและหน้าทำการป้องกันรวมกันในตัวนำเพียงเส้นเดียว (ตัวนำ PEN)

5.2 ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า TN

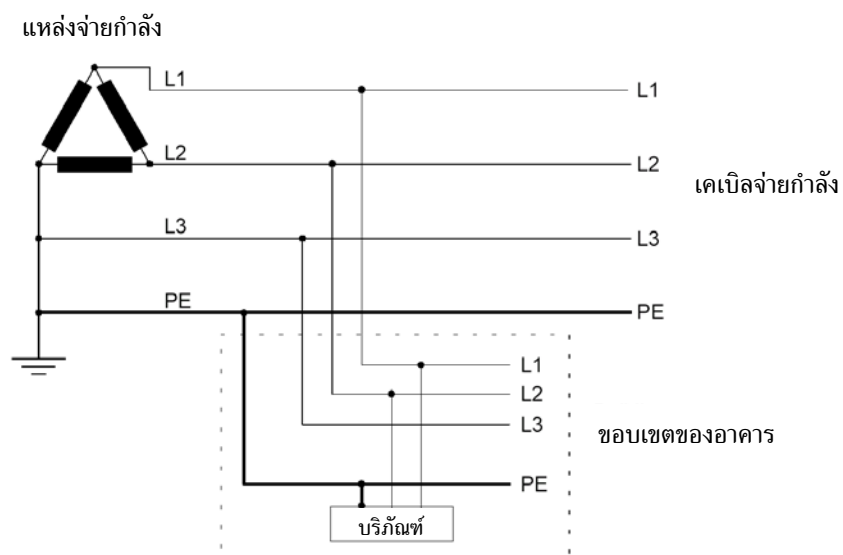
ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า TN เป็นระบบที่ต่อลงดินโดยตรง โดยส่วนของบริภัณฑ์ที่กำหนดให้ต่อลงดินมีการต่อกับตัวนำต่อลงดินป้องกัน จะพิจารณาระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า TN 3 แบบ ได้แก่

- ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า TN-S ใช้ตัวนำสายดินป้องกันที่แยกออกมาตลอดระบบ
- ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า TN-C-S หน้าทำการเป็นกลางและหน้าทำการป้องกันรวมในตัวนำเส้นเดียวในบางส่วนของระบบ
- ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า TN-C หน้าทำการเป็นกลางและหน้าทำการป้องกันรวมในตัวนำเส้นเดียวตลอดระบบ

ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า TN บางระบบได้รับกำลังไฟฟ้าจากขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงซึ่งมีจุดต่อแยกที่ศูนย์กลางต่อลงดิน (จุดเป็นกลาง) ในกรณีที่มีตัวนำเฟส 2 เส้นและตัวนำเป็นกลาง ระบบนี้รู้จักกันทั่วไปว่า “ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าเฟสเดียว 3 สาย”

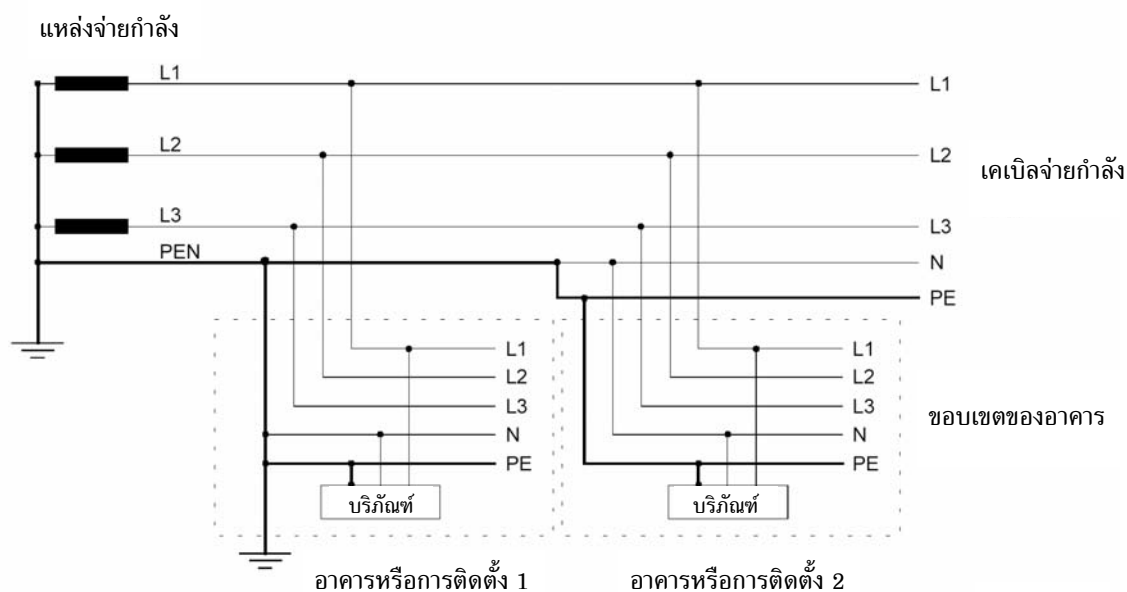


ตัวนำป้องกันและตัวนำเป็นกลางแยกจากกัน



สายตัวนำเฟสต่อลงดิน

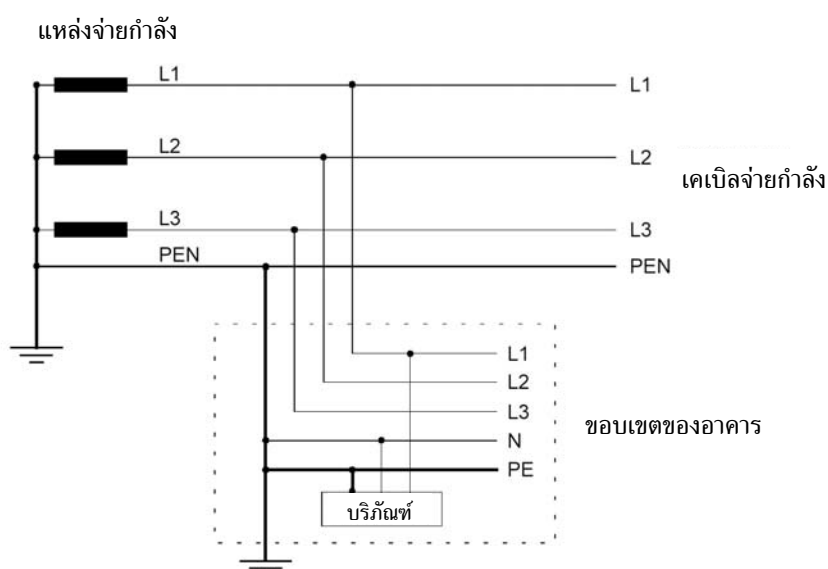
รูปที่ ๘.1 ตัวอย่างของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า TN-S



หน้าที่การเป็นกลางและหน้าที่การป้องกันรวมกันในตัวนำเพียงเส้นเดียวในบางส่วนของระบบ (PEN)

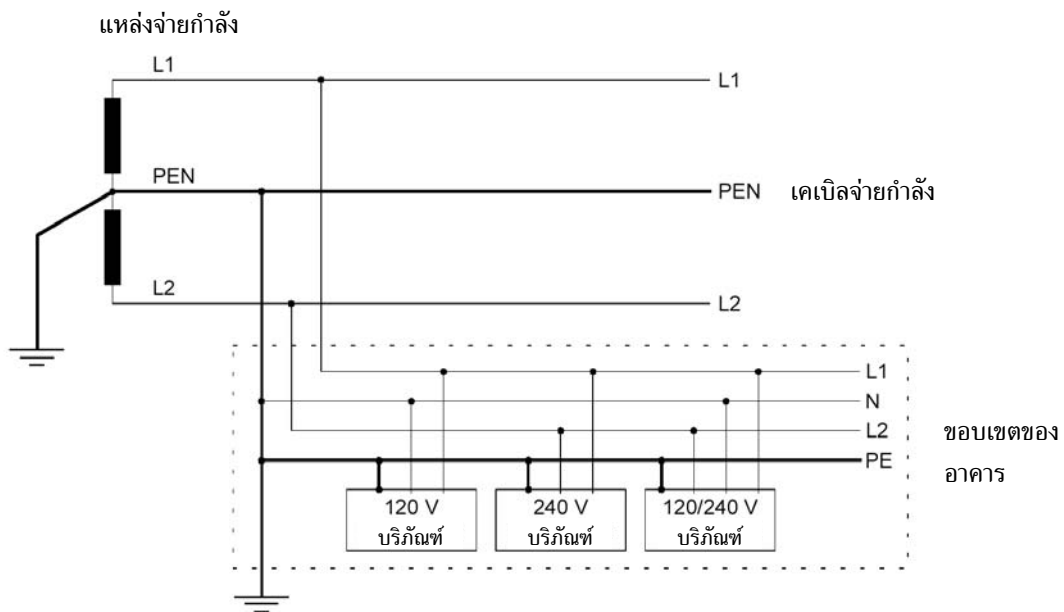
หมายเหตุ จุดที่ตัวนำ PEN แยกออกจากกันเป็นตัวนำต่อลงดินป้องกันและตัวนำเป็นกลางอาจอยู่ที่จุดรับไฟฟ้าของอาคารหรือที่แผงจ่ายกำลังภายในอาคาร

รูปที่ ๕.2 ตัวอย่างของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า TN-C-S



หน้าที่การเป็นกลางและหน้าที่การป้องกันรวมกันในตัวนำเพียงเส้นเดียว (PEN)

รูปที่ ๕.3 ตัวอย่างของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า TN-C

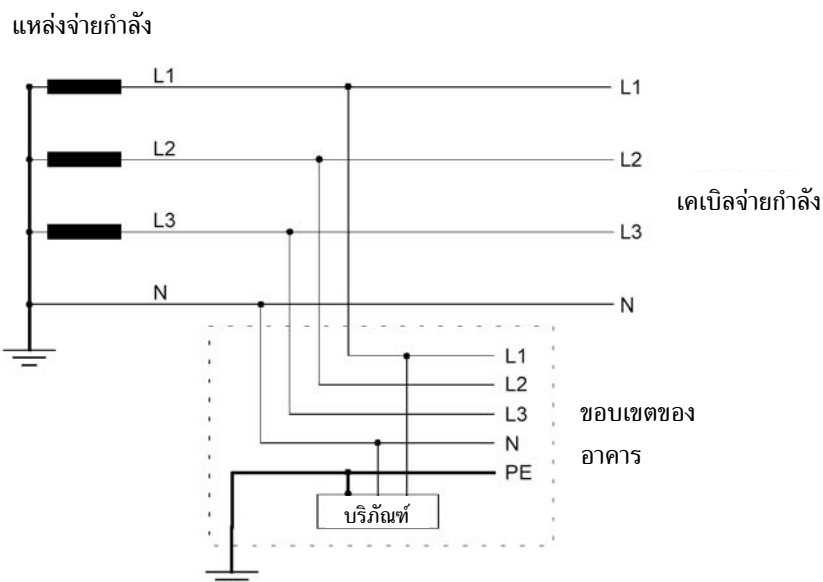


หน้าที่การเป็นกลางและหน้าที่การป้องกันรวมกันในตัวนำเพียงเส้นเดียว (PEN)

รูปที่ ๕.๔ ตัวอย่างของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า TN-C แบบเฟสเดียว 3 สาย

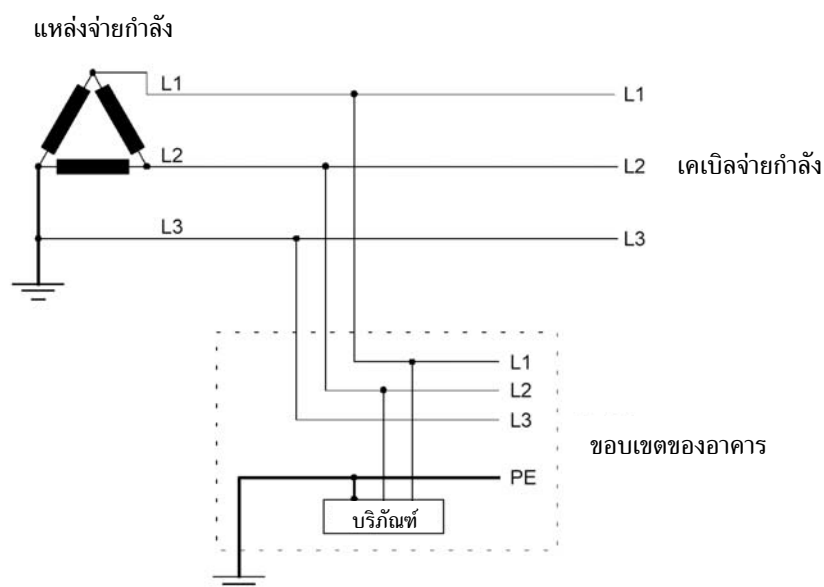
๕.3 ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า TT

ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า TT เป็นระบบที่มีจุดหนึ่งต่อลงดินโดยตรง ส่วนของบริภัณฑ์ที่กำหนดให้ต่อลงดินมีการต่อเข้ากับหมุดดินในบริเวณที่ผู้ใช้กำหนดที่แยกเป็นอิสระทางไฟฟ้าจากหมุดดินของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า



การต่อลงดินของบริภัณฑ์แยกเป็นอิสระจากจุดเป็นกลางต่อลงดิน

รูปที่ ๕.๕ ตัวอย่างของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า TT แบบสามสายและมีสายกลาง

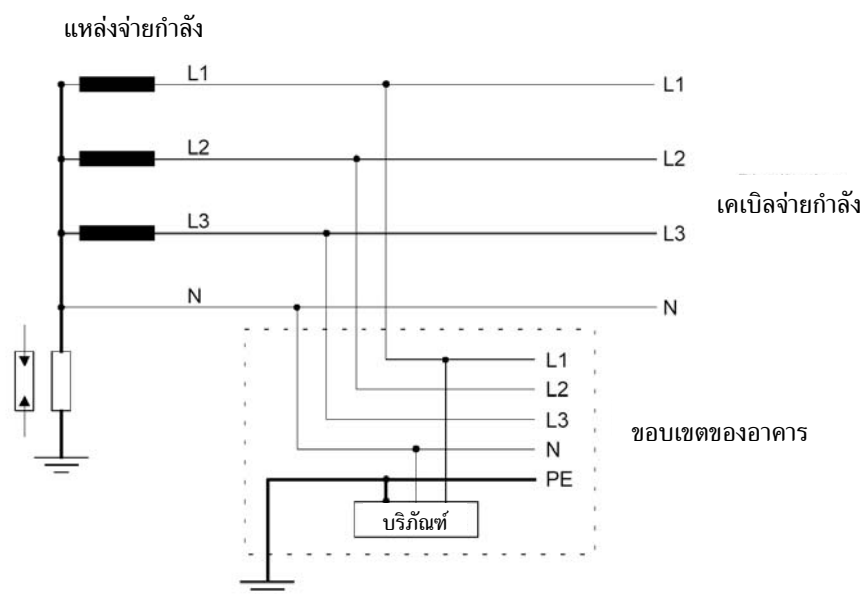


การต่อลงดินของบริษัทแยกเป็นอิสระจากสายเฟสต่อลงดิน

รูปที่ 5.6 ตัวอย่างของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า TT แบบสามสาย

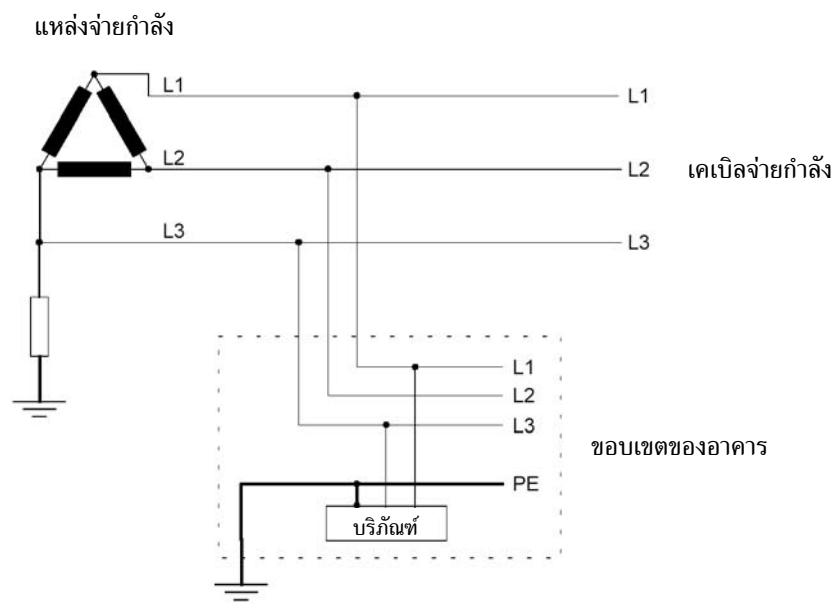
5.4 ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า IT

ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า IT เป็นระบบที่แยกจากดิน ยกเว้นจุดที่อาจต่อเข้ากับดินผ่านอิมพีแดนซ์หรือตัวจำกัดแรงดัน ส่วนของบริษัทที่กำหนดให้ต่อลงดินมีการต่อเข้ากับหลักหมุดดินในบริเวณที่ผู้กำหนด



สายกลางอาจต่อกับดินผ่านอิมพีแดนซ์หรือตัวจำกัดแรงดัน หรือแยกจากดิน

รูปที่ 5.7 ตัวอย่างของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า IT แบบสามสาย (และมีสายกลาง)



ระบบอาจแยกอิสระจากดิน

รูปที่ ธ.8 ตัวอย่างของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า IT แบบสามสาย

ภาคผนวก น.

(ข้อแนะนำ)

ผลรวมของกระแสไฟฟ้าสัมผัส

ภาคผนวกนี้อธิบายพื้นหลังของข้อกำหนดและการทดสอบในข้อ 5.1.8.2

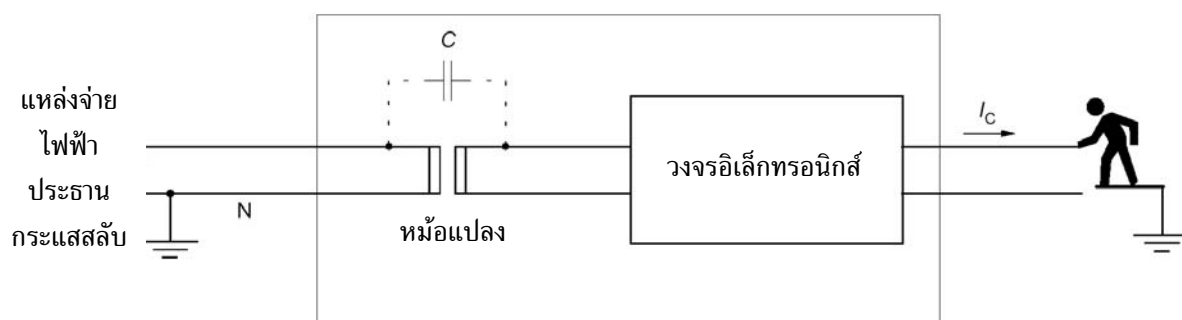
น.1 กระแสไฟฟ้าสัมผัสจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์

กลไกที่กำหนดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายมนุษย์ที่มาสัมผัสวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (หรือบัสจ่ายกำลังไฟฟ้า) มีอยู่ 2 กลไก ขึ้นอยู่กับว่าวงจรนั้นต่อลงดินหรือไม่ ความแตกต่างระหว่างวงจรที่ต่อลงดินกับวงจรที่ไม่ต่อลงดินไม่เหมือนกับความแตกต่างระหว่างบริบทประเภท I กับบริบทประเภท II วงจรที่ไม่ต่อลงดินอาจมีได้ในบริบทประเภท I และวงจรที่ต่อลงดินอาจมีได้ในบริบทประเภท II โดยทั่วไปวงจรที่ไม่ต่อลงดินมักใช้ในบริบทโทรคมนาคมและวงจรที่ต่อลงดินมักใช้ในบริบทประมวลผลข้อมูล

เพื่อพิจารณาในกรณีที่ให้ผลเลวที่สุด ในภาคผนวกนี้สมมติว่าโครงข่ายโทรคมนาคมเป็นวงจรที่ไม่ต่อลงดิน และแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับและร่างกายมนุษย์ (ผู้ซ่อมบำรุงและผู้ใช้เครื่อง) ต่อลงดิน ให้สังเกตว่าผู้ซ่อมบำรุงสามารถสัมผัสบางส่วนซึ่งไม่ใช่ส่วนที่ผู้ใช้เครื่องแตะต้องถึง วงจรที่ต่อลงดินหมายถึงวงจรต่อลงดินโดยตรงหรืออ้างอิงถึงดินโดยวิธีการบางอย่าง จนศักยภาพของวงจรเมื่อเทียบกับดินมีค่าคงที่

น.1.1 วงจรที่ไม่ต่อลงดิน

ถ้าวงจรไม่ต่อลงดิน กระแสไฟฟ้า (I_C) ผ่านร่างกายมนุษย์เป็นกระแสไฟฟ้ารั่วผ่านความจุไฟฟ้าสเตรย์ (stray) หรือที่เพิ่มเข้ามา (C) คร่อมฉนวนในหม้อแปลงไฟฟ้าประธาน (ดูรูปที่ น.1)

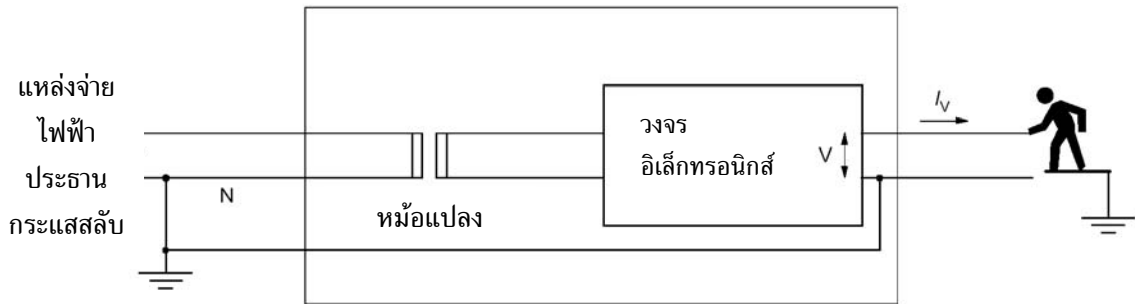


รูปที่ น.1 กระแสไฟฟ้าสัมผัสจากวงจรที่ไม่ต่อลงดิน

กระแสไฟฟ้านี้มาจากแรงดันไฟฟ้าที่ค่อนข้างสูง แหล่งจ่ายที่มีอิมพีแดนซ์สูง และค่ากระแสไฟฟ้านี้ไม่ได้รับผลกระทบจากแรงดันไฟฟ้าทำงานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ในมาตรฐานนี้กระแสไฟฟ้าผ่านร่างกาย (I_C) ถูกจำกัดโดยการทดสอบที่ใช้เครื่องวัดตามภาคผนวก ง. ซึ่งได้จำลองร่างกายมนุษย์ขึ้นอย่างหยาบๆ

น.1.2 วงจรที่ต่อลงดิน

ถ้าวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีการต่อลงดิน กระแสไฟฟ้าผ่านร่างกายมนุษย์ (I_V) ขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าทำงาน (V) ของวงจร ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำเมื่อเทียบกับร่างกาย (ดูรูปที่ น.2) กระแสไฟฟ้ารั่วใดๆ จากหม้อแปลงไฟฟ้าประธาน (ดู น.1.1) จะไหลลงดินและไม่ผ่านร่างกายมนุษย์

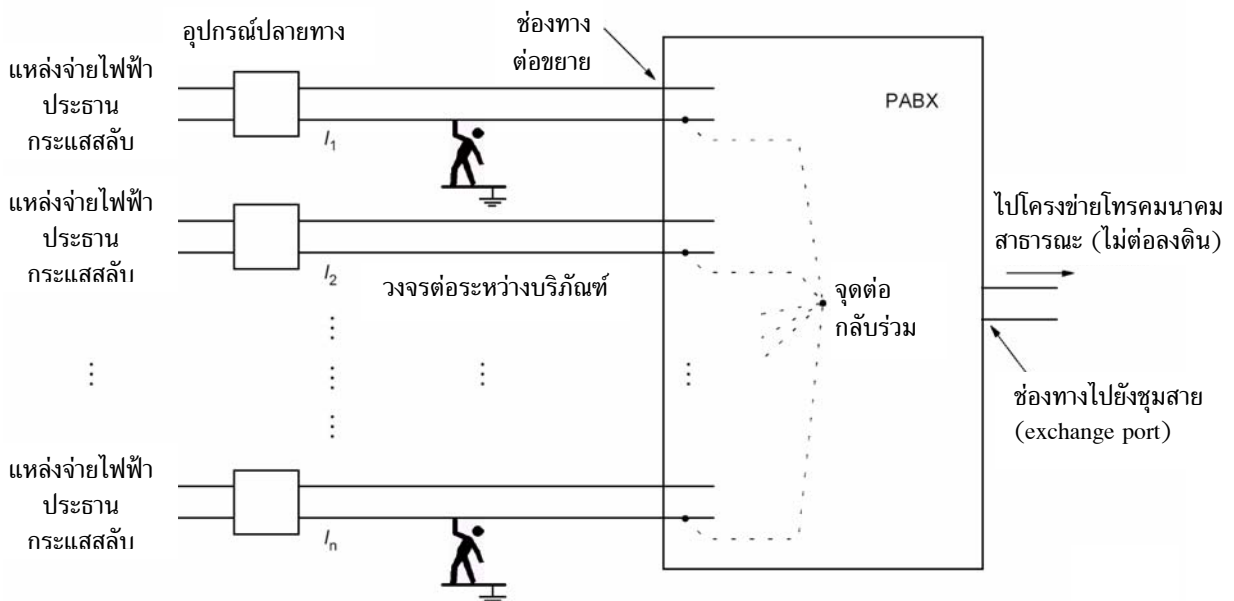


รูปที่ น.2 กระแสไฟฟ้าสัมผัสจากวงจรที่ต่อลงดิน

ในมาตรฐานนี้ กระแสไฟฟ้าผ่านร่างกาย (I_V) ถูกจำกัดโดยการกำหนดค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดสำหรับวงจรที่แตะต้องถึง ซึ่งต้องเป็นวงจร TNV (ที่เข้มงวดการเข้าถึง) หรือวงจร SELV

น.2 การต่อระหว่างบริภัณฑ์หลายเครื่อง

เป็นลักษณะเฉพาะของบริภัณฑ์เทคโนโลยีสารสนเทศโดยเฉพาะในการใช้งานด้านโทรคมนาคม ที่บริภัณฑ์หลายเครื่องอาจต่อกับบริภัณฑ์กลางเครื่องเดียวในลักษณะการต่อแบบ “สตาร์” ตัวอย่างเช่น การขยายโทรศัพท์หรืออุปกรณ์ข้อมูลปลายทางที่ต่อกับตู้สาขาโทรศัพท์อัตโนมัติ (PABX) ซึ่งอาจมีหลายสิบหรือหลายร้อยช่องทาง ตัวอย่างนี้ใช้ในการอธิบายต่อไปนี้ (ดูรูปที่ น.3)



รูปที่ น.3 ผลรวมของกระแสไฟฟ้าสัมผัสในตู้สาขาโทรศัพท์อัตโนมัติ

บริษัทที่ปลายทางแต่ละเครื่องสามารถส่งกระแสไฟฟ้ามายังร่างกายมนุษย์ซึ่งเข้าไปสัมผัสวงจรต่อระหว่างบริษัท (I_1 , I_2 , ฯลฯ) รวมกับกระแสไฟฟ้าใดๆ ที่มาจากวงจรช่องทางของตู้สาขาโทรศัพท์อัตโนมัติ ถ้ามีหลายวงจรต่อกับจุดต่อร่วม กระแสไฟฟ้าสัมผัสแต่ละค่าจะรวมเข้าด้วยกัน และเกิดความเสี่ยงต่อร่างกายมนุษย์ที่สัมผัสกับดินซึ่งเข้าไปสัมผัสกับวงจรต่อระหว่างบริษัท

การหลีกเลี่ยงความเสี่ยงนี้ สามารถพิจารณาวิธีต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

น.2.1 การแยกอิสระ

แยกวงจรต่อระหว่างบริษัททั้งหมดออกจากกันและไม่ต่อลงดิน และจำกัดค่า I_1 , I_2 , ฯลฯ ให้อยู่ที่ค่าปลอดภัยตามที่ได้กล่าวไว้ใน น.1.1 ข้างต้น โดยวิธีการใช้ตู้สาขาโทรศัพท์อัตโนมัติที่มีแหล่งจ่ายแยกกันสำหรับแต่ละช่องต่อช่องทางหรือการจัดเตรียมหม้อแปลงไฟฟ้า (สัญญาณ) เฉพาะสำหรับแต่ละช่องต่อช่องทาง วิธีเช่นนี้อาจจะมีค่าใช้จ่ายสูง

น.2.2 ทางกลับร่วมที่ไม่ต่อลงดิน

ต่อวงจรต่อระหว่างบริษัททั้งหมดเข้ากับจุดต่อกลับร่วมที่แยกจากดิน (การต่อเช่นนี้เข้ากับจุดต่อรวมอาจจำเป็นในบางกรณีสำหรับเหตุผลในการทำงาน) ในกรณีนี้ กระแสไฟฟ้ารวมจากวงจรต่อระหว่างบริษัททั้งหมดจะผ่านร่างกายของมนุษย์ที่มาสัมผัสสายใดสายหนึ่งของวงจรต่อระหว่างผลิตภัณฑ์ใดๆ กระแสไฟฟ้านี้สามารถจำกัดได้โดยควบคุมค่า I_1 , I_2 , ..., I_n ที่สัมพันธ์กับจำนวนของช่องต่อช่องทางบนตู้สาขาโทรศัพท์อัตโนมัติเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ค่าของกระแสไฟฟ้ารวมอาจเป็นไปได้ที่จะน้อยกว่าค่า $I_1 + I_2 + \dots + I_n$ เนื่องจากฮาร์มอนิกส์และผลกระทบอื่นๆ

น.2.3 ทางกลับร่วมที่ต่อลงดินป้องกัน

ต่อวงจรต่อระหว่างบริษัททั้งหมดเข้ากับจุดต่อกลับร่วมและต่อจุดนั้นลงดินป้องกัน ปรากฏการณ์จะเหมือนกับที่ได้กล่าวไว้ในข้อ น.1.2 โดยไม่ต้องคำนึงถึงจำนวนช่องต่อช่องทาง เนื่องจากความปลอดภัยขึ้นอยู่กับ การต่อลงดิน อาจจำเป็นต้องจัดให้การต่อลงดินมีความครบถ้วนสมบูรณ์สูงโดยขึ้นอยู่กับค่าสูงสุดของกระแสไฟฟ้ารวมทั้งหมดที่อาจไหลผ่าน

ภาคผนวก บ.

(ข้อแนะนำ)

ผลทางความร้อนสูงสุดในการทดสอบหม้อแปลง

(ดูข้อ ค.1)

ข้อ ค.1 กำหนดให้โหลดหม้อแปลงในลักษณะที่ให้ผลทางความร้อนสูงสุด ในภาคผนวกนี้ให้ตัวอย่างวิธีการต่างๆ ที่ช่วยทำให้เกิดภาวะดังกล่าวขึ้นมา วิธีอื่นๆ ที่เป็นไปได้และเป็นไปตามข้อ ค.1 ไม่ได้จำกัดไว้เฉพาะกับตัวอย่างวิธีการเหล่านี้

บ.1 การหากระแสไฟฟ้าเข้าสูงสุด

กำหนดค่ากระแสไฟฟ้าเข้าที่โหลดที่กำหนดให้เป็น I_r (ดูขั้นตอน A ของตารางที่ บ.1) คำนวณได้จาก การทดสอบหรือจากข้อมูลของผู้ทำ

ให้ต่อโหลดเข้ากับด้านออกของขดลวดหรือด้านออกของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบวิธีสวิตช์ขณะวัดกระแส ไฟฟ้าด้านเข้า ให้ปรับตั้งโหลดอย่างรวดเร็วเท่าที่จะทำได้เพื่อให้ค่ากระแสไฟด้านเข้ามีค่าสูงสุดและสามารถ คงค่ากระแสอยู่ได้ประมาณ 10 วินาทีขณะที่ทำงาน กำหนดให้ค่ากระแสสูงสุดที่ได้นี้คือค่า I_m (ดูขั้นตอน B ของตารางที่ บ.1) จากนั้นให้ทดสอบซ้ำตามขั้นตอน C และถ้าจำเป็นตามขั้นตอน D ถึงขั้นตอน J ของ ตารางที่ บ.1 บันทึกค่ากระแสไฟฟ้าเข้าของแต่ละขั้นตอนไว้ และคงค่านี้ไว้จนกระทั่ง

- อุณหภูมิของหม้อแปลงคงที่ โดยที่ไม่มีการทำงานของส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ป้องกัน (เครื่องป้องกัน ในตัว) ใดๆ ซึ่งในกรณีนี้ไม่ต้องทดสอบต่อ หรือ
- ส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ป้องกันทำงาน ในกรณีนี้ให้บันทึกอุณหภูมิของขดลวดโดยทันที และให้ ดำเนินการทดสอบต่อตามข้อ บ.2 ตามวิธีการป้องกันที่ใช้

ถ้าส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ป้องกันทำงานภายในเวลา 10 วินาทีหลังจากได้ป้อนแรงดันไฟฟ้าปฐมภูมิ I_m เป็นค่ากระแสที่บันทึกก่อนส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ป้องกันเริ่มทำงาน

ในระหว่างการทดสอบตามขั้นตอน C ถึงขั้นตอน J ของตารางที่ บ.1 ปรับตั้งโหลดแปรผันได้จนถึงค่าที่ กำหนดอย่างรวดเร็วเท่าที่จะทำได้และปรับตั้งใหม่ (ถ้าจำเป็น) หลังจากป้อนแรงดันไฟฟ้าปฐมภูมิ 1 นาที ขั้นตอน C ถึงขั้นตอน J อาจทำย้อนกลับได้

ตารางที่ บ.1 ขั้นตอนการทดสอบ

ขั้นตอน	ค่ากระแสไฟฟ้าเข้าของหม้อแปลงหรือแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบวิธีสวิตช์
A	กระแสไฟฟ้าเข้าที่โหลดที่กำหนด = I_r
B	ค่าสูงสุดของกระแสไฟฟ้าเข้าภายหลังการทำงาน 10 วินาที = I_m
C	$I_r + 0.75 (I_m - I_r)$
D	$I_r + 0.50 (I_m - I_r)$
E	$I_r + 0.25 (I_m - I_r)$
F	$I_r + 0.20 (I_m - I_r)$
G	$I_r + 0.15 (I_m - I_r)$
H	$I_r + 0.10 (I_m - I_r)$
J	$I_r + 0.05 (I_m - I_r)$

บ.2 วิธีทดสอบโหลดเกิน

การป้องกันทางอิเล็กทรอนิกส์	ถ้าการทดสอบของข้อ บ.1 ทำให้เกิดผลตามข้อ บ.1 ข) ถูกปรับกระแสไฟฟ้าลงเป็นชั้น ๆ ร้อยละ 5 จากภาวะนี้หรือเพิ่มขึ้นเป็นชั้น ๆ ร้อยละ 5 จากโหลดที่กำหนด เพื่อหาภาวะโหลดเกินสูงสุดที่ทำให้อุณหภูมิคงที่ได้ โดยไม่มีการทำงานของการป้องกันทางอิเล็กทรอนิกส์
การป้องกันทางความร้อน	ป้อนโหลดเกินในลักษณะที่ทำให้อุณหภูมิการทำงานมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อยจากอุณหภูมิเปิดวงจรของอุปกรณ์ป้องกันทางความร้อน
การป้องกันกระแสเกิน	ป้อนโหลดเกินในลักษณะที่กระแสไฟฟ้าที่ไหลเป็นไปตามเส้นโค้งระหว่างกระแสไฟฟ้ากับเวลาการตัดวงจรของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน

ภาคผนวก ป.

(ข้อกำหนด)

การทดสอบภายใต้แสงรังสีอัลตราไวโอเล็ต

(ดูข้อ 4.3.13.3)

ป.1 เครื่องมือทดสอบ

ต้องนำตัวอย่างวางไว้ใต้แสงรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้สร้างจากเครื่องมืออย่างใดอย่างหนึ่งต่อไปนี้

- เครื่องคาร์บอน-อาร์กคู่ (twin enclosed carbon-arc) (ดูข้อ ป.3) ที่ฉายรังสีอย่างต่อเนื่อง ให้เครื่องทำงานโดยมีอุณหภูมิที่แผ่นดำ (black-panel) เท่ากับ 63 องศาเซลเซียส $\pm$ 3 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 $\pm$ ร้อยละ 5 หรือ
- เครื่องซีนอนอาร์ก (xenon-arc) (ดูข้อ ป.4) ที่ฉายรังสีอย่างต่อเนื่อง ให้เครื่องทำงานที่กำลัง 6 500 วัตต์และหล่อเย็นหลอดซีนอนอาร์กด้วยน้ำ โดยมีกำลังของการฉายรังสีเท่ากับ 0.35 วัตต์ต่อตารางเมตร ที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร และมีอุณหภูมิที่แผ่นดำเท่ากับ (63 $\pm$ 3) องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 $\pm$ ร้อยละ 5

ป.2 การติดตั้งตัวอย่างทดสอบ

ให้ติดตั้งตัวอย่างในแนวตั้ง ภายในกระบอกแสงที่ได้จากเครื่องฉายรังสี เพื่อให้ส่วนที่กว้างที่สุดของตัวอย่างทดสอบหันหน้าไปทางอาร์ก ระวางอย่าให้ตัวอย่างทดสอบสัมผัสซึ่งกันและกัน

ป.3 เครื่องฉายรังสีคาร์บอนอาร์ก

ให้ใช้เครื่องตามที่ระบุไว้ใน ISO 4892-4 หรือเครื่องอื่นที่เทียบเท่ากัน ตามวิธีที่กำหนดใน ISO 4892-1 และ ISO 4892-4 ที่ใช้ตัวกรองแบบที่ 1 โดยไม่ต้องฟั่นละอองน้ำ

ป.4 เครื่องฉายรังสีซีนอนอาร์ก

ให้ใช้เครื่องตามที่ระบุไว้ใน ISO 4892-2 หรือเครื่องอื่นที่เทียบเท่ากัน ตามวิธีที่กำหนดใน ISO 4892-1 และ ISO 4892-2 ที่ใช้วิธี A โดยไม่ต้องฟั่นละอองน้ำ

หมายเหตุ คำว่า “โดยไม่ต้องฟั่นละอองน้ำ” หมายความว่าไม่ต้องฟั่นละอองน้ำให้กับตัวอย่างทดสอบในระหว่างการทดสอบ ไม่เกี่ยวข้องกับการหล่อเย็นด้วยน้ำซึ่งมีความจำเป็นในการทำงานของเครื่องมือทดสอบ