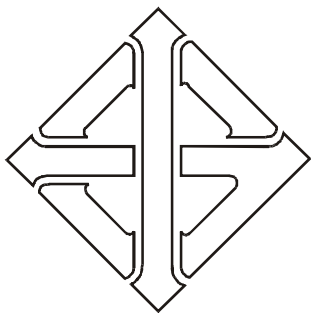




มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 2525 – 2554

วิธีการวัดค่ากระแสไฟฟ้าแตะและกระแสไฟฟ้า ผ่านตัวนำป้องกัน

METHODS OF MEASUREMENT OF TOUCH CURRENT AND PROTECTIVE
CONDUCTOR CURRENT

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 17.220; 35.020

ISBN 978-616-231-322-6

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
วิธีการวัดค่ากระแสไฟฟ้าแต่ละกระแสไฟฟ้า
ผ่านตัวนำป้องกัน

มอก. 2525— 2554
IEC 60990(1999 — 08)

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 128 ตอนพิเศษ 114ง
วันที่ 30 กันยายน พุทธศักราช 2554

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 1015
คณะกรรมการวิชาการรายสาขาการวัดและทดสอบด้านไฟฟ้า

ประธานกรรมการ

นายสมพร ขวแป้นไย

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

กรรมการ

นายยุทธนา ตันติวิวัฒน์

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

นายคมสัน เพ็ชรรักษ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายสุรินทร์ อรรถกิจการค้า

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

นายวิธีร์ ศรีมงคล

สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

นายสุวิทย์ ลิขิตสุภิน

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

นายวิทยา เชื้อสิงห์

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

นายภราดร เลชะกะ

การไฟฟ้านครหลวง

นายณัฐ รุจิรัตน์

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

นายฤทัย นิมเวไนย์

บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

นายโอภาส อิศระเสนารักษ์

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กรรมการและเลขานุการ

นายสถาพร รุ่งรัตนอุบล

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

นายชลยุทธ์ ขอบประเสริฐ

สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

นายพุมพิงค์ คงเจริญ

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้นโดยรับ IEC 60990 Edition 2.0 (1999-08): Methods of measurement of touch current and protective conductor current มาใช้ในระดับเหมือนกันทุกประการ (identical) โดยวิธีแปล อย่างไรก็ตาม หากนำมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไปใช้แล้วมีข้อสงสัยเกี่ยวกับความหมายของคำบางคำหรือสำนวนบางสำนวนให้ตีความหมายตามเอกสารอ้างอิงฉบับภาษาอังกฤษเป็นหลัก

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตาม มาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 4377 (พ.ศ. 2554)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วิธีการวัดค่ากระแสไฟฟ้าแตะและกระแสไฟฟ้าผ่านตัวนำป้องกัน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีการวัดค่ากระแสไฟฟ้าแตะและกระแสไฟฟ้าผ่านตัวนำป้องกัน มาตรฐานเลขที่ มอก.2525-2554 ไว้ ดังมีรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2554

ชัยวุฒิ บรรณวัฒน์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วิธีการวัดค่ากระแสไฟฟ้าแตะและกระแสไฟฟ้า

ผ่านตัวนำป้องกัน

1. ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดวิธีวัด

- ไฟฟ้ากระแสตรงหรือกระแสสลับ รูปคลื่นไซน์ชอยด์หรือไม่ใช่รูปคลื่นไซน์ชอยด์ ซึ่งสามารถไหลผ่านร่างกายมนุษย์ และ
- กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำป้องกัน

วิธีวัดกระแสไฟฟ้าแตะที่แนะนำขึ้นอยู่กับผลกระทบที่เป็นไปได้ของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านร่างกายมนุษย์ ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ การวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรซึ่งแทนอิมพีแดนซ์ของร่างกายมนุษย์เป็นการวัดกระแสไฟฟ้าแตะ วงจรเหล่านี้ไม่จำเป็นต้องแทนอิมพีแดนซ์ของร่างกายสัตว์

ข้อกำหนดคุณลักษณะหรือความหมายของคำจำกัดจำเพาะไม่อยู่ในขอบข่ายของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ IEC 60479-1 มีข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านร่างกายมนุษย์ซึ่งอาจใช้หาคำจำกัด

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ใช้ได้กับบริบททุกประเภทตาม IEC 60536

วิธีวัดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไม่มีเจตนาให้ใช้กับ

- กระแสไฟฟ้าแตะ ที่มีระยะเวลาน้อยกว่า 1 วินาที
- กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านผู้ป่วย ตามที่กำหนดไว้ใน IEC 60601-1
- ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความถี่ต่ำกว่า 15 เฮิร์ตซ์
- ไฟฟ้ากระแสสลับรวมกับกระแสตรง การใช้วงจรเดียวระบุองค์ประกอบของผลกระทบจากไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสตรงรวมกันยังไม่ครอบคลุมถึง
- กระแสไฟฟ้าที่สูงกว่าขีดจำกัดการไหม้ไฟฟ้าที่เลือก

ข้อกำหนดความปลอดภัยขั้นพื้นฐานนี้มีเจตนาให้คณะกรรมการวิชาการใช้ในการร่างมาตรฐานในทางที่สอดคล้องกับหลักการของ IEC Guide 104 และ ISO/IEC Guide 51 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไม่มีเจตนาให้ผู้ทำหรือหน่วยรับรองใช้งาน

ความรับผิดชอบอย่างหนึ่งของคณะกรรมการวิชาการคือการนำข้อกำหนดความปลอดภัยขั้นพื้นฐานนี้ไปใช้พิจารณากำหนดมาตรฐานที่อยู่ในขั้นเตรียมการร่างมาตรฐานที่จะประกาศใช้งาน ถ้าเห็นว่าเหมาะสม ข้อกำหนดวิธีทดสอบ หรือภาวะทดสอบของข้อกำหนดความปลอดภัยขั้นพื้นฐานอาจไม่จำเป็นต้องใช้ เว้นแต่อ้างอิงโดยเฉพาะ หรือรวมอยู่ในข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง

2. เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิงต่อไปนี้ ประกอบด้วยข้อกำหนดที่นำมาใช้ประกอบข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ เอกสารอ้างอิงฉบับที่ระบุปีที่พิมพ์ ไม่ให้ใช้ฉบับที่แก้ไขเพิ่มเติมหรือแก้ไขปรับปรุงในภายหลัง อย่างไรก็ตาม ผู้ที่เกี่ยวข้องซึ่งตกลงกันบนพื้นฐานของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ควรตรวจสอบความเป็นไปได้ในการนำเอกสารอ้างอิงฉบับล่าสุดมาใช้ เอกสารอ้างอิงฉบับที่ไม่ระบุปีที่พิมพ์ ให้ใช้ฉบับล่าสุด สมาชิกของ ISO และ IEC เป็นผู้รักษาทะเบียนมาตรฐานระหว่างประเทศที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

IEC 60050(195): *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 195: Earthing and protection against electric shock*

IEC 60050(604): *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC 60309-1:1997, *Plugs, socket-outlets and couplers for industrial purposes – Part 1: General requirements*

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

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 60479-1:1994, *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*

IEC 60536:1976, *Classification of electrical and electronic equipment with regard to protection against electric shock*

IEC 60536-2:1992, *Classification of electrical and electronic equipment with regard to protection against electric shock – Part 2: Guidelines to requirements for protection against electric shock*

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

ISO/IEC Guide 51:1990, *Guideline for the inclusion of safety aspects in standards*

IEC Guide 104:1997, *Guide to the drafting of safety standards and the role of committees with safety pilot functions and safety group functions*

3. บทนิยาม

สำหรับจุดประสงค์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ให้ใช้บทนิยามดังต่อไปนี้

3.1 กระแสไฟฟ้าแตะ (touch current)

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านร่างกายมนุษย์หรือร่างกายสัตว์ เมื่อสัมผัสส่วนที่แตะต้องถึงหนึ่งส่วนหรือมากกว่าของการติดตั้งหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า [IEV 195-05-21]

3.2 กระแสไฟฟ้าผ่านตัวนำป้องกัน (protective conductor current)

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำป้องกัน

3.3 บริภัณฑ์ (equipment)

ตามที่กำหนดในมาตรฐานบริภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง ถ้าไม่มีกำหนดในมาตรฐานบริภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องดูภาคผนวก ก.

3.4 ส่วนที่กำได้ (grippable part)

ส่วนของบริภัณฑ์ซึ่งสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านมือมนุษย์ทำให้กล้ามเนื้อหดตัวรอบส่วนนั้นและไม่สามารถผละออกได้ ส่วนที่มีเจตนาเพื่อที่จะให้ใช้กำเต็มมือ ถือว่าเป็นส่วนที่กำได้ที่ไม่ต้องพิจารณาเพิ่ม (ดูภาคผนวก ข.)

3.5 การไหม้ไฟฟ้า (electric burn)

การไหม้ของผิวหนังหรืออวัยวะ ที่เกิดขึ้นเนื่องจากกระแสไฟฟ้าไหลข้ามหรือผ่านพื้นผิว [IEC 604-04-18]

4. สถานที่ทดสอบ

4.1 สภาพแวดล้อมสถานที่ทดสอบ

สภาพแวดล้อมสถานที่ทดสอบต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ในมาตรฐานบริภัณฑ์ ถ้าระบุค่าขีดจำกัดน้อยกว่า 70 ไมโครแอมแปร์อาร์เอ็มเอส หรือ 100 ไมโครแอมแปร์พีค หรือถ้าบริภัณฑ์ห่อหุ้มด้วยที่กำบัง (shield) ขนาดใหญ่ ซึ่งอาจถูกบังคับด้วยสัญญาณความถี่สูง คณะกรรมการวิชาการรายผลิตภัณฑ์ต้องอ้างถึงภาคผนวก ข.

4.2 หม้อแปลงทดสอบ

การใช้หม้อแปลงทดสอบสำหรับแยกวงจรเป็นทางเลือก สำหรับความปลอดภัยสูงสุด ต้องใช้หม้อแปลงทดสอบสำหรับแยกวงจร (T2 ในรูปที่ 2, T ในรูปที่ 6 ถึงรูปที่ 14) และให้ต่อลงดินที่ขั้วต่อลงดินป้องกันหลักของบริภัณฑ์ที่ทดสอบ (EQUIPMENT under test, EUT) ต้องพิจารณาถึงการรั่วเชิงความจุใด ๆ ใน

หม้อแปลง สำหรับทางอีกทางเลือกหนึ่งของการต่อ EUT ลงดิน ที่ไม่ต้องนำค่าการรั่วเชิงความจุ ใด ๆ มาพิจารณา ต้องปล่อยลอย (ไม่ต่อลงดิน) ด้านขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงทดสอบและ EUT

ถ้าไม่ใช่หม้อแปลง T ต้องติดตั้ง EUT บนแท่นฉนวนและมีความปลอดภัยอย่างเหมาะสม ในแง่ของความ เป็นไปได้ที่โครงของ EUT มีแรงดันไฟฟ้าอันตราย

4.3 ตัวนำกลาง (neutral) ลงดิน

บริษัทที่มีเจตนาให้ต่อกับระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบ TT หรือแบบ TN ต้องทดสอบด้วยแรงดันไฟฟ้า คำสุทธระหว่างสายกลางและสายดิน

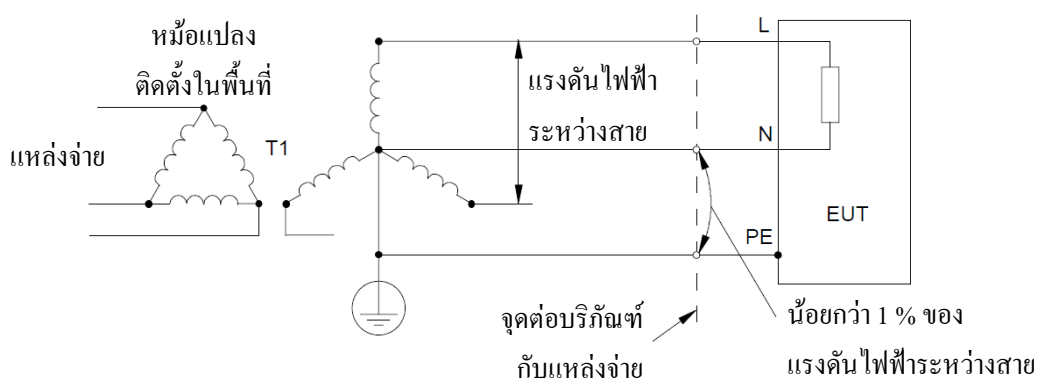
หมายเหตุ คำอธิบายของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบต่างๆ ให้ไว้ในภาคผนวก ณ.

ตัวนำป้องกัน (PE) และตัวนำกลางลงดิน (N) สำหรับ EUT ควรมีแรงดันไฟฟ้าต่างกันน้อยกว่าร้อยละ 1 ของแรงดันไฟฟ้าระหว่างสาย (ดูตัวอย่างในรูปที่ 1)

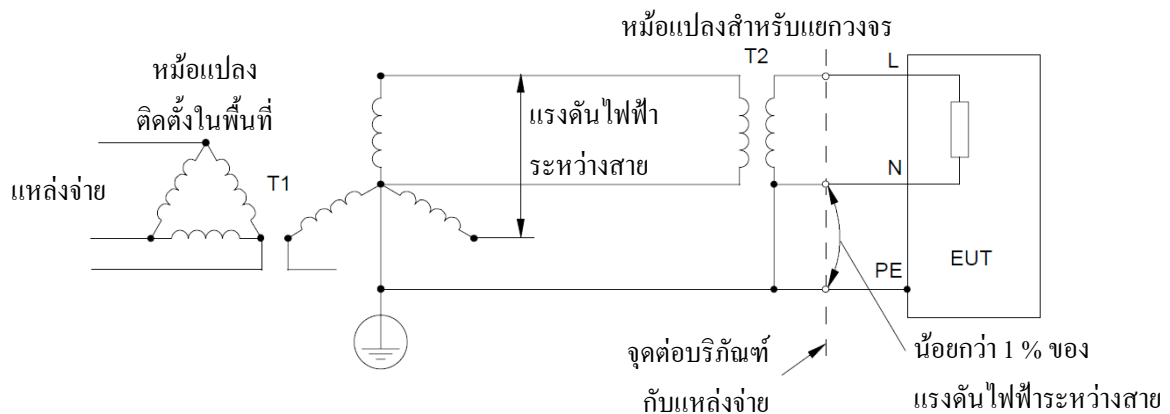
หม้อแปลงในพื้นที่ (T1) (ดูข้อ 4.2) เป็นไปตามข้อกำหนดข้อนี้

ในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าต่างกันร้อยละ 1 หรือมากกว่า ตัวอย่างดังต่อไปนี้ เป็นทางเลือกในบางกรณีซึ่งอาจ หลีกเลี่ยงการวัดที่ผิดพลาดเนื่องจากแรงดันไฟฟ้าต่างกันนี้

- ต่ออิเล็กทรอนิกส์ B ของเครื่องมือวัดเข้ากับขั้วต่อกลาง (N) ของ EUT แทนที่ตัวนำลงดินป้องกัน (ดูข้อ 6.1.2) ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า
- ต่อขั้วต่อลงดินของ EUT เข้ากับตัวนำกลาง แทนที่ตัวนำลงดินป้องกันของแหล่งจ่าย



รูปที่ 1 ตัวอย่างของตัวนำกลางลงดินที่แหล่งจ่ายโดยตรง



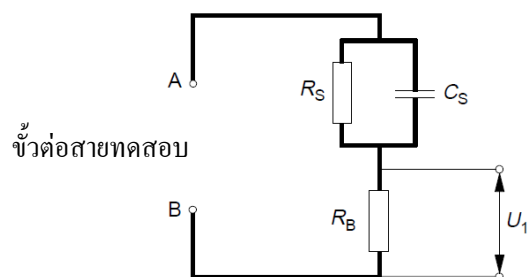
รูปที่ 2 ตัวอย่างของตัวนำกลางลงดินที่มีหม้อแปลงสำหรับแยกวงจร

5. เครื่องมือวัด

5.1 การเลือกวงจรวัด

ต้องวัดโดยใช้วงจรใดวงจรหนึ่งในรูปที่ 3 รูปที่ 4 และรูปที่ 5

หมายเหตุ ดูภาคผนวก จ. ภาคผนวก ฉ. และภาคผนวก ช. สำหรับคำอธิบายเพิ่มเติมของวงจรทั้ง 3 วงจร



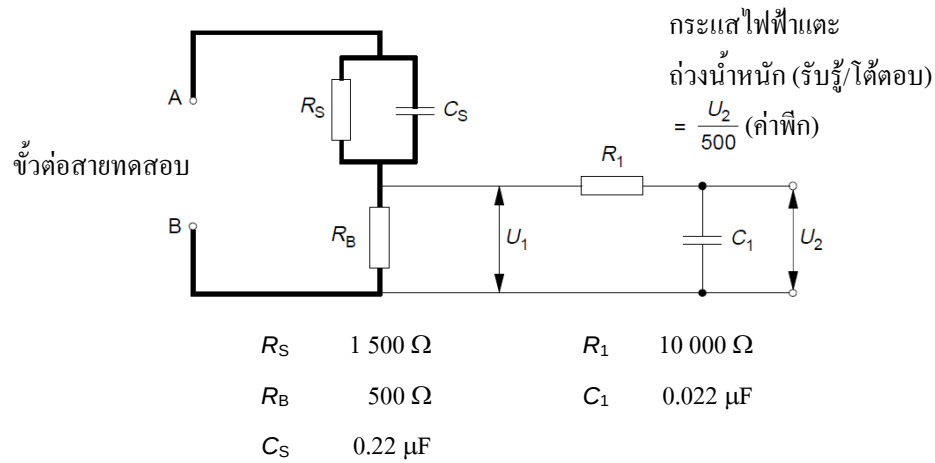
กระแสไฟฟ้าแต่ละ
ไม่ถ่วงน้ำหนัก
 $= \frac{U_1}{500}$ (ถ้าอาร์เอ็มเอส)

R_S 1 500 Ω

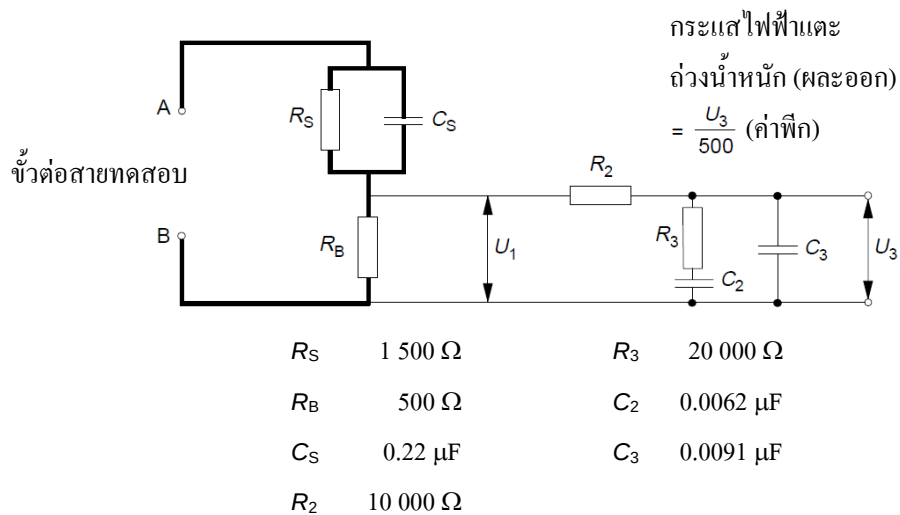
R_B 500 Ω

C_S 0.22 μF

รูปที่ 3 วงจรวัดกระแสไฟฟ้าแต่ละไม่ถ่วงน้ำหนัก (outweighed touch current)



รูปที่ 4 วงจรวัดกระแสไฟฟ้าและถ่วงน้ำหนักสำหรับการรับรู้หรือการโต้ตอบ



หมายเหตุ การใช้วงจรนี้ขึ้นอยู่กับภาวะพิเศษ (ดูข้อ 5.1.2)

รูปที่ 5 วงจรวัดกระแสไฟฟ้าและถ่วงน้ำหนักสำหรับการผลออก

5.1.1 การรับรู้และการโต้ตอบ (กระแสสลับ)

ต้องใช้วงจรในรูปที่ 4

5.1.2 การผลออก (กระแสสลับ)

ต้องใช้วงจรในรูปที่ 5 ถ้าพิจารณาได้ว่าการไม่สามารถผลออกได้เป็นนัยสำคัญ นั่นคือ เป็นไปตาม
ภาวะดังต่อไปนี้ทั้งหมด

- กระแสไฟฟ้าที่มีอยู่เป็นกระแสสลับ และค่าจำกัดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์มากกว่า 2.0 มิลลิแอมแปร์อาร์เอ็มเอส หรือ 2.8 มิลลิแอมแปร์พีค

- บริษัทที่มีส่วนที่ทำได้
- คาดว่าการปล่อยส่วนที่ทำได้ทำได้ยาก เนื่องจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมือ และแขน (ดูข้อ จ.3 และ ภาคผนวก ซ. สำหรับข้อมูลเพิ่มเติม)

มีฉะนั้น ให้ใช้วงจรรูปที่ 4

5.1.3 การไหม้ไฟฟ้า (กระแสสลับ)

ต้องใช้วงจรกระแสไฟฟ้าและไม่ถ่วงน้ำหนักในรูปที่ 3

5.1.4 กระแสตรงปราศจากการกระเพื่อม (ripple-free d.c.)

ต้องใช้วงจรใดวงจรหนึ่งใน 3 วงจร หากมิได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่นในมาตรฐานบริษัท กระแสตรงปราศจากการกระเพื่อม หมายถึง การกระเพื่อมจากยอดถึงยอดน้อยกว่าร้อยละ 10

5.2 อิเล็กโทรดทดสอบ

5.2.1 การสร้าง

หากมิได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่นในมาตรฐานบริษัท ขั้วไฟฟ้าทดสอบต้องเป็น

- ค้อนทดสอบ หรือ
- โลหะเปลวขนาด 10 เซนติเมตร × 20 เซนติเมตร แทนขนาดของมือมนุษย์ ในกรณีที่ใช้โลหะเปลวที่มีกาว กาวต้องนำไฟฟ้า

5.2.2 การต่อ

อิเล็กโทรดทดสอบต้องต่อเข้ากับขั้วต่อสายทดสอบ A และ B ของวงจรวัด

5.3 โครนแบบการใช้งาน (configuration)

EUT ต้องประกอบเสร็จสมบูรณ์และพร้อมใช้งานสูงสุดตามโครนแบบการใช้งาน ต้องต่อบริภัณฑ์กับสัญญาณไฟฟ้าภายนอกตามที่ระบุโดยผู้ทำสำหรับบริษัทเดียว

บริภัณฑ์ที่ออกแบบให้ใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าหลายแหล่ง แต่ต้องการเพียง 1 แหล่งจ่ายในแต่ละครั้ง (เช่น สำหรับการสำรอง) ต้องทดสอบโดยต่อเพียง 1 แหล่งจ่าย

บริภัณฑ์ที่ต้องการกำลังไฟฟ้าพร้อมกันจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า 2 แหล่ง หรือมากกว่า ต้องทดสอบโดยต่อแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าทุกแหล่ง แต่การต่อไปยังการต่อลงดินป้องกันไม่มากกว่า 1 ที่

5.4 การต่อกำลังไฟฟ้าระหว่างการทดสอบ

หมายเหตุ ตัวอย่างของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า ให้ไว้ในภาคผนวก ฉ.

5.4.1 ทั่วไป

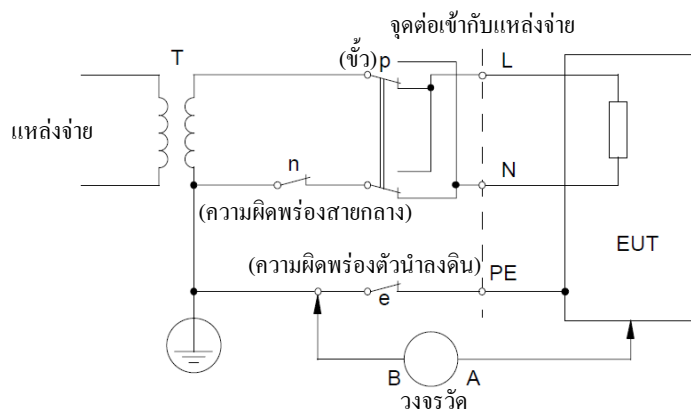
บริษัทต้องต่อดังรูปที่ 6 ถึงรูปที่ 14 ตามข้อ 5.4.2 ข้อ 5.4.3 หรือข้อ 5.4.4 ตามความเหมาะสม

คณะกรรมการวิชาการรายบริษัทควรพิจารณาถึงความจำเป็นที่เป็นไปได้สำหรับผู้ทำในการชี้บ่งระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า (TN, TT, IT) ซึ่งเจตนาให้ต่อบริษัทเข้ากับระบบในการใช้งานขั้นสุดท้าย

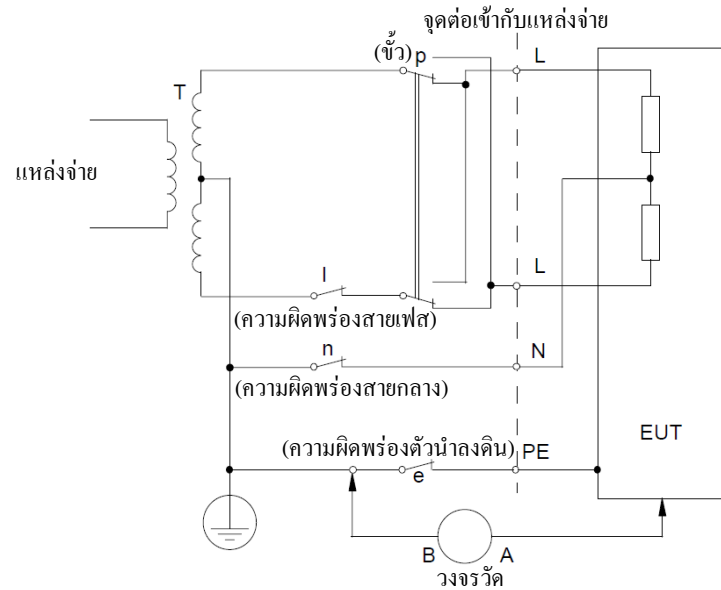
ถ้า EUT นั้นถูกกำหนดโดยผู้ทำให้ใช้งานกับระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าเฉพาะ ต้องทดสอบ EUT เมื่อต่อกับระบบเหล่านั้น

บริษัทที่ต่อเข้ากับระบบ TN หรือ TT เท่านั้น ต้องเป็นไปตามข้อ 5.4.2 บริษัทที่ต่อเข้ากับระบบ IT ต้องเป็นไปตามข้อ 5.4.3 และอาจต่อเข้ากับระบบ TN หรือ TT ได้ด้วย

สำหรับบริษัทประเภท 0 และประเภท II (ดู IEC 60536-2) ไม่ต้องคำนึงถึงตัวนำป้องกันในรูปที่ 6 ถึงรูปที่ 14

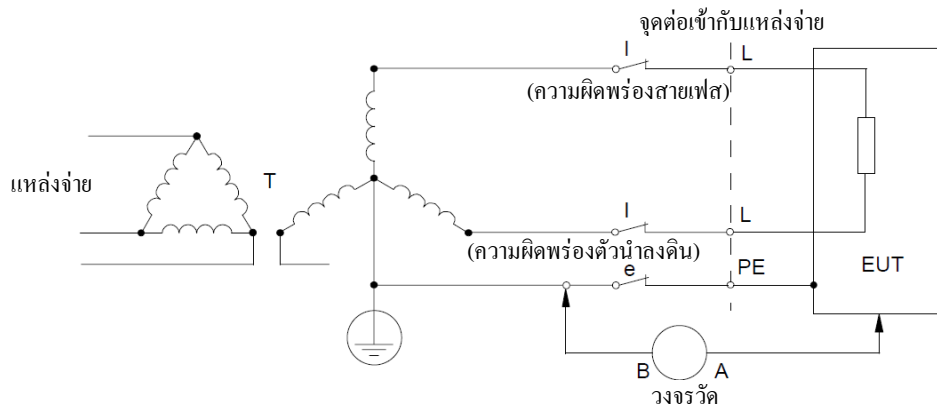


รูปที่ 6 โครมแบบการทดสอบ: บริษัทเฟสเดียวในระบบ TT หรือ TN แบบสตาร์



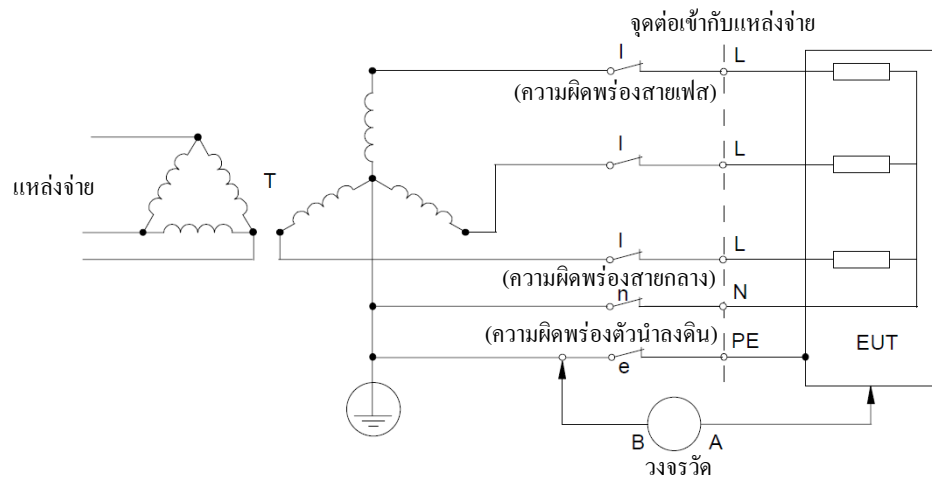
หมายเหตุ ขดลวดมีจุดต่อแยกกลางอาจใช้เป็นขาหนึ่งของระบบแบบเคลด้า

รูปที่ 7 โครงแบบการทดสอบ: บริภัณฑ์เฟสเดียวในระบบ TT หรือ TN ที่จุดกลางต่อลงดิน

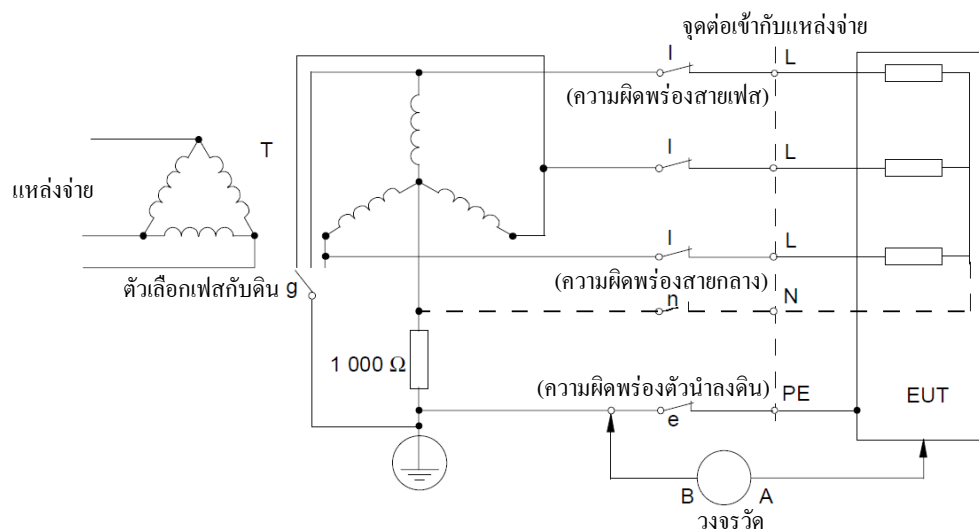


รูปที่ 8 โครงแบบการทดสอบ: บริภัณฑ์เฟสเดียวที่ต่อระหว่างเฟสกับเฟสในระบบ TT หรือ TN แบบสตาร์

-10-

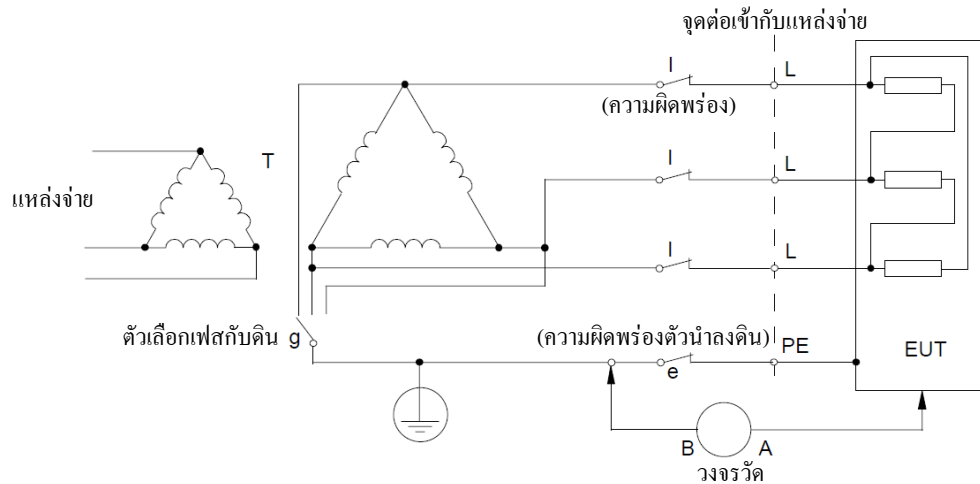


รูปที่ 11 โครงแบบการทดสอบ: บริภัณฑ์สามเฟสในระบบ TT หรือ TN แบบสตาร์

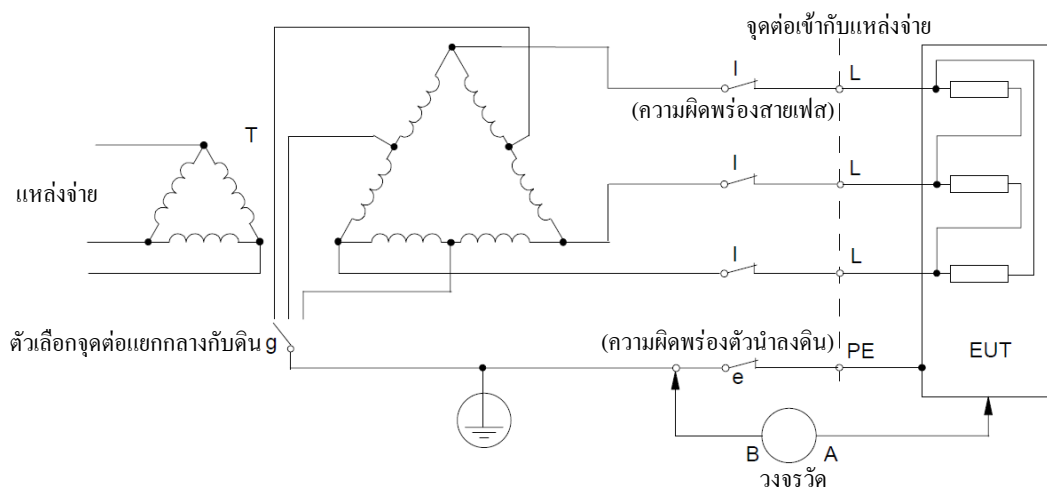


หมายเหตุ ตัวต้านทาน 1 000 โอห์ม ควรมีฟังก์ชันที่สามารถรองรับความผิดพลาดของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า

รูปที่ 12 โครงแบบการทดสอบ: บริภัณฑ์สามเฟสในระบบ IT แบบสตาร์



รูปที่ 13 โครงแบบการทดสอบ: ระบบแบบเดลด้าที่ไม่ต่อลงดิน



หมายเหตุ ในกรณีที่บริษัทประกอบด้วยโหลดสามเฟส และโหลดเฟสเดียวที่จุดกลางต่อลงดิน และชี้บ่งด้านที่ต่อลงดิน สวิตช์ ต้องคงอยู่ในตำแหน่งที่ชี้บ่งว่าเป็นด้านที่ต่อลงดิน

รูปที่ 14 โครงแบบการทดสอบ: บริภัณฑ์สามเฟสในระบบแบบเดลต้าที่จุดกลางต่อลงดิน

5.4.2 บริภัณฑ์ที่ใช้เฉพาะในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสตาร์ TN หรือ TT

บริษัทสามเฟสต้องต่อเข้ากับระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าสามเฟสแบบสตาร์ที่สายกลางต่อลงดิน บริษัท
เฟสเดียวต้องต่อระหว่างเฟสกับสายกลางในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าที่สายกลางต่อลงดิน หรือให้ต่อ
ระหว่างเฟสกับเฟสในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสตาร์สามเฟสที่จุดกลางต่อลงดินในกรณีที่ไม่กำหนด
(รูปที่ 6 รูปที่ 8 และรูปที่ 11)

5.4.3 บริษัทที่ใช้ในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า IT รวมถึงระบบแบบเซลล์ที่ไม่ต่อลงดิน

บริษัทสามเฟสต้องต่อเข้ากับระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า IT สามเฟสที่เหมาะสม บริษัทเฟสเดียวต้องต่อระหว่างเฟสกับสายกลาง หรือให้ต่อระหว่างเฟสกับเฟสในกรณีที่ทำกำหนด (ดูรูปที่ 9 รูปที่ 10 รูปที่ 12 และรูปที่ 13)

5.4.4 บริษัทที่ใช้ในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าเฟสเดียวที่จุดกลางต่อลงดิน หรือระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบเซลล์ที่จุดกลางต่อลงดิน

บริษัทเฟสเดียวต้องต่อเข้ากับแหล่งจ่ายที่มีจุดต่อแยกกลางลงดิน (ดูรูปที่ 7 และรูปที่ 14)

บริษัทสามเฟสต้องต่อเข้ากับแหล่งจ่ายแบบเซลล์ที่เหมาะสม (ดูรูปที่ 14)

5.5 แรงดันไฟฟ้าและความถี่แหล่งจ่าย

5.5.1 แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่าย

แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายต้องวัดที่ขั้วต่อแหล่งจ่ายของบริษัท

บริษัทที่กำหนดให้ใช้สำหรับแรงดันไฟฟ้าค่าเดียวต้องทดสอบที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดบวกกับเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนใช้งานที่เหมาะสมเพื่อให้สำหรับการแปรผันของแหล่งจ่าย

บริษัทที่กำหนดให้ใช้สำหรับพิสัยแรงดันไฟฟ้าระบุต้องทดสอบที่แรงดันไฟฟ้าสูงสุดในพิสัยนั้น บวกกับเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนใช้งานที่เหมาะสมเพื่อให้สำหรับการแปรผันของแหล่งจ่าย

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนใช้งานกำหนดโดยคณะกรรมการวิชาการรายบริษัท หรือโดยผู้ทำถ้าจำเป็น (เช่น ร้อย 0, + ร้อย 6 หรือ + ร้อย 10)

บริษัทที่กำหนดให้ใช้สำหรับแรงดันไฟฟ้าระบุหรือพิสัยแรงดันไฟฟ้าต่างกัน (โดยใช้ตัวเลือกแรงดันไฟฟ้า) ต้องตั้งที่แรงดันไฟฟ้าระบุสูงสุดหรือพิสัยแรงดันไฟฟ้าสูงสุด และทดสอบตามเงื่อนไขข้างต้น ในกรณีที่การเลือกแรงดันไฟฟ้ามีการสวิตช์ที่ซับซ้อนมากกว่าการจัดวางตำแหน่งใหม่ของขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้า อาจจำเป็นต้องทดสอบเพิ่มเติมเพื่อหากรณีที่ให้ผลเร็วที่สุด

ถ้าไม่เหมาะสมที่จะทดสอบบริษัทที่แรงดันไฟฟ้าที่ระบุ ยอมให้ทดสอบที่แรงดันไฟฟ้าที่อยู่ใกล้ของบริษัอยู่แล้วคำนวณผลการทดสอบ

5.5.2 ความถี่แหล่งจ่าย

ความถี่แหล่งจ่ายต้องเป็นความถี่ระบุที่กำหนดสูงสุด หรืออีกทางหนึ่งค่าที่วัดได้อาจปรับแก้โดยการคำนวณเพื่อประเมินกระแสไฟฟ้าที่ให้ผลเร็วที่สุด

6. วิธีดำเนินการทดสอบ

6.1 ทัวไป

คณะกรรมการวิชาการรายบริษัทอาจประสงค์ที่จะละเว้นการวัดค่ากระแสไฟฟ้าแต่ละของส่วนที่แต่ละต้องถึงบางส่วน โดยขึ้นอยู่กับหลักการจำกัดแรงดันไฟฟ้า (ดู IEC 60364-4-41) ถ้าเป็นเช่นนั้น ต้องทำการวัดแรงดันไฟฟ้าของส่วนที่แต่ละต้องถึง และ (ถ้าจำเป็น) กระแสไฟฟ้าแต่ละถ่วงน้ำหนักหรือไม่ถ่วงน้ำหนักตามข้อนี้

อาจคำนึงถึงผลกระทบจากการไหม้ไฟฟ้าที่เกิดจากไฟฟ้ากระแสตรงหรือที่ความถี่สูง (เช่น มากกว่า 30 กิโลเฮิร์ตซ์ สำหรับกระแสไฟฟ้าแต่ละ 3.5 มิลลิแอมแปร์) ที่ความถี่ต่ำ การโต้ตอบ และการผลออกเป็นข้อพิจารณาสำคัญ ในกรณีที่มีการคำนึงถึงดังกล่าว ต้องวัดค่าอาร์เอ็มเอสไม่ถ่วงน้ำหนักของกระแสไฟฟ้าแต่ละ (รูปที่ 3) เพิ่มเติมจากการวัดสำหรับการรับรู้หรือการโต้ตอบ (รูปที่ 4) หรือความสามารถในการผลออก (รูปที่ 5)

6.1.1 สวิตช์ควบคุม บริษัท และภาวะแหล่งจ่าย

ในระหว่างการวัดกระแสไฟฟ้าแต่ละ ภาวะแวดล้อมทดสอบ โครงแบบ การต่อลงดิน และระบบแหล่งจ่ายต้องเป็นไปตามข้อ 5.3 ข้อ 5.4 และข้อ 5.5

เพื่อให้มีค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดในระหว่างการวัด โครงแบบต้องปรับเปลี่ยนโดยการต่อและตัดวงจรของหน่วยต่าง ๆ ที่เป็นส่วนหนึ่งของบริษัท ตามที่ระบุในข้อแนะนำการใช้งานและการติดตั้งของผู้ทำ

สวิตช์ควบคุม e, g, l, n และ p ในรูปที่ 6 ถึงรูปที่ 14 ต้องจัดการตามที่อธิบายในข้อ 6.2 ในขณะที่ภาวะที่ระบุในข้อ 6.1.2 และข้อ 6.2.1 ปรับเปลี่ยนได้โดยอิสระเพื่อให้ได้ค่าหนึ่งหรือค่าหลายค่าที่วัดได้สูงสุด ไม่จำเป็นต้องใช้ภาวะและจุดการใช้งานทั้งหมดเหล่านี้ของวงจรวัดกับทุกบริษัท และคณะกรรมการวิชาการรายบริษัทต้องเลือกวิธีที่เหมาะสมของตัวแปรเหล่านี้

6.1.2 การใช้วงจรวัด

อิเล็กโทรดวัดที่เหมาะสม (ดูข้อ 5.2) วงจรวัด (ดูข้อ 5.1) และอุปกรณ์วัด (ดูข้อ 5.4) ต้องเป็นไปตามระบบที่เหมาะสมตามรูปที่ 6 ถึงรูปที่ 14 (ดูข้อ 5.4) เพื่อวัดค่ากระแสไฟฟ้าแต่ละระหว่างส่วนที่แต่ละต้องถึงในเวลาเดียวกัน และระหว่างส่วนที่แต่ละต้องถึงกับดิน

ขั้วต่ออิเล็กโทรด A ต้องใช้กับแต่ละส่วนที่แต่ละต้องถึงในแต่ละครั้ง

ในการใช้ขั้วต่ออิเล็กโทรด A แต่ละครั้ง ขั้วต่ออิเล็กโทรด B ต้องต่อลงดิน จากนั้นให้วัดที่แต่ละส่วนที่แต่ละต้องถึงอื่นๆ ในแต่ละครั้ง

สำหรับระบบไฟฟ้ากำลังที่มีสายตัวนำกำลังลงดิน (earthed power conductor) ขั้วต่อ B อาจต่อโดยตรงเข้ากับสายตัวนำกำลังลงดิน ที่ส่วนต่อประสาน EUT กับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า แทนที่การต่อเข้ากับตัวนำป้องกัน อาจใช้การต่อนี้แม้ว่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างตัวนำป้องกันกับสายตัวนำกำลังลงดินมากกว่าร้อยละ 1 ของแรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟสกับเฟส (ดูข้อ 4.2)

6.2 ภาวะปกติและผิดปกติของผลิตภัณฑ์

6.2.1 ภาวะการทำงานปกติของผลิตภัณฑ์

การทดสอบให้ทำโดยต่อขั้วต่อ A ของวงจรวัดเข้ากับแต่ละส่วนที่ไม่ลงดิน (unearthed) หรือส่วนและวงจรนำไฟฟ้าที่แต่ละต้องถึงได้ในแต่ละครั้ง โดยที่สวิตช์ทดสอบ 1, n และ e ปิดวงจรทุกตัว

การวัดต้องทำในทุกภาวะที่สามารถทำได้ในการทำงานตามปกติ

ตัวอย่างของการทำงานตามปกติรวมถึงสวิตช์หลักปิดวงจร สวิตช์หลักเปิดวงจร ภาวะเตรียมพร้อม ภาวะเริ่มทำงาน การให้ความร้อน และการปรับตั้งใดๆ ที่ทำด้วยการควบคุมโดยผู้ใช้ ยกเว้นการปรับตั้งตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่าย

ผลิตภัณฑ์เฟสเดียวต้องทดสอบในลักษณะขั้วปกติ และสลับขั้ว (สวิตช์ p)

ผลิตภัณฑ์สามเฟสต้องทดสอบโดยสลับสายเฟส เว้นแต่การทำงานของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับลำดับเฟส (phasing)

6.2.2 ผลิตภัณฑ์ และภาวะผิดปกติแหล่งจ่าย

ข้อ 6.2.2 นี้ไม่ใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการต่อลงดิน

ผลิตภัณฑ์ที่มีการต่อลงดินป้องกันหรือการต่อลงดินตามหน้าที่ ขั้วต่อ A ของเครื่องวัดต่อเข้ากับขั้วต่อลงดินผลิตภัณฑ์ของ EUT

การวัดต้องทำที่แต่ละภาวะผิดปกติที่ระบุไว้ตามข้อ 6.2.2.1 ถึงข้อ 6.2.2.8 ต้องทำให้เกิดภาวะผิดปกติทีละครั้ง แต่ต้องรวมถึงภาวะผิดปกติที่เป็นผลมาจากภาวะผิดปกติครั้งแรก ก่อนเริ่มทำให้เกิดภาวะผิดปกติ ต้องทำให้ผลิตภัณฑ์กลับสู่ภาวะตั้งต้น (ปราศจากภาวะผิดปกติหรือความเสียหายสืบเนื่อง)

ในกรณีที่ใช้ตัวกรองสายเฟสสมดุลกับผลิตภัณฑ์สามเฟส กระแสไฟฟ้าสุทธิในสายดินในทางทฤษฎีเป็นศูนย์ อย่างไรก็ตาม ปกติส่วนประกอบและแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลทำให้เกิดค่าจำกัดกระแสไฟฟ้าสุทธิ อาจไม่จำเป็นต้องวัดค่าสูงสุดในระหว่างการทดสอบเฉพาะแบบ กระแสไฟฟ้าไม่สมดุลค่าสูงอาจเป็นผลมาจากตัวเก็บประจุผิดปกติในเฟสเดียว คณะกรรมการวิชาการรายบริษัทควรพิจารณาให้รวมทดสอบดังกล่าวกับบริษัทนั้น รวมทั้งการทำให้เกิดความผิดปกติตัวกรองโดยจงใจ (ปลดตัวเก็บประจุ 1 ตัว) ร่วมกับการปลดการต่อลงดินป้องกัน (ดูข้อ 6.2.2.1)

ให้ใช้การพิจารณาเช่นเดียวกันนี้กับการจัดวางอย่างสมดุลของส่วนประกอบอื่น เช่น กับดักเสิร์จที่ต่อระหว่างสายหลักกับดิน

ต้องทดสอบบริภัณฑ์สามเฟสโดยการสลับเฟส เว้นแต่การทำงานของบริภัณฑ์ขึ้นอยู่กับลำดับเฟส

6.2.2.1 ภาวะผิดพ้องหมายเลข 1

ขึ้นอยู่กับชนิดของบริภัณฑ์ ระดับความปลอดภัยของตัวนำป้องกันแบ่งเป็นหลายระดับ (ดู IEC 61140)

บริภัณฑ์เฟสเดียวที่มีการต่อลงดินที่ไม่น่าเชื่อถือต้องทดสอบโดยปลดการต่อลงดินป้องกัน (สวิตช์ e) ร่วมกับในลักษณะชั่วปกติและสลับชั่ว (สวิตช์ p)

บริภัณฑ์สามเฟสที่มีการต่อลงดินที่ไม่น่าเชื่อถือต้องทดสอบโดยปลดการต่อลงดินป้องกัน (สวิตช์ e)

หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่นโดยคณะกรรมการวิชาการรายบริภัณฑ์ ไม่ใช่ข้อกำหนดข้อ 6.2.2.1 นี้ กับบริภัณฑ์ที่มีการต่อลงดินที่น่าเชื่อถือ (เช่น ดู IEC 60364-7-707) ซึ่งต่อเข้ากับแหล่งจ่ายทั้งแบบถาวร หรือโดยการใช้เต้าเสียบและเต้ารับที่มีระดับชั้นทางอุตสาหกรรม (เช่น เต้าต่อที่ระบุใน IEC 60309-1 หรือมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เทียบเท่า)

6.2.2.2 ภาวะผิดพ้องหมายเลข 2

บริภัณฑ์เฟสเดียวต้องทดสอบโดยเปิดวงจรสายกลาง (สวิตช์ n) ที่ลงการต่อลงดินและอยู่ในลักษณะชั่วปกติ และสลับชั่วอีกครั้ง (สวิตช์ p)

6.2.2.3 ภาวะผิดพ้องหมายเลข 3

บริภัณฑ์สำหรับใช้ในระบบ IT ต้องทดสอบโดยแต่ละตัวนำเฟสผิดพ้อง ลงดิน ครั้งละ 1 เฟส (สวิตช์ g)

6.2.2.4 ภาวะผิดพ้องหมายเลข 4

บริภัณฑ์สามเฟสต้องทดสอบโดยแต่ละตัวนำเฟสเปิดวงจร ครั้งละ 1 เฟส (สวิตช์ i)

6.2.2.5 ภาวะผิดพ้องหมายเลข 5

บริภัณฑ์เฟสเดียวสำหรับใช้ในระบบไฟฟ้ากำลัง IT หรือระบบไฟฟ้าสามเฟสแบบเคลด้า ต้องทดสอบโดยระบบไฟฟ้ากำลังสามเฟส ที่แต่ละเฟสผิดพ้องลงดิน ครั้งละ 1 เฟส (สวิตช์ g) ร่วมกับในลักษณะชั่วปกติ และสลับชั่ว (สวิตช์ p) และแยกด้วยการเปิดวงจรแต่ละตัวนำเฟส ครั้งละ 1 เฟส (สวิตช์ i) และร่วมกับในลักษณะชั่วปกติและสลับชั่ว (สวิตช์ p)

6.2.2.6 ภาวะผิดปกติหมายเลข 6

บริษัทสามเฟสสำหรับใช้ในระบบไฟฟ้ากำลังแบบเซลล์จุกกลางลงดิน ต้องทดสอบในระบบแหล่งจ่ายแบบเซลล์ที่ขาคลจุกกลางลงดิน ครั้งละ 1 เฟส (สวิตช์ g)

บริษัทที่มีทั้งวงจรสามเฟสและวงจรจุกกลางลงดินซึ่งไม่สามารถติดตั้งได้อย่างอิสระ และซึ่งขาต่อลงดินต้องทดสอบโดยสวิตช์ g อยู่ในตำแหน่งซึ่งขาต่อลงดินเท่านั้น

6.2.2.7 ภาวะผิดปกติหมายเลข 7

ความผิดปกติอื่นๆที่ระบุโดยคณะกรรมการวิชาการรายบริษัทต้องจำลองขึ้น ถ้าความผิดปกตินั้นน่าจะทำให้ค่ากระแสไฟฟ้าแต่ละเฟสเพิ่มขึ้น

6.2.2.8 ภาวะผิดปกติหมายเลข 8

ส่วนนำไฟฟ้าที่แต่ละต้องถึงซึ่งอาจต่อทางไฟฟ้ากับส่วนอื่นๆ โดยบังเอิญ ต้องทดสอบทั้งขณะที่ต่อทางไฟฟ้ากับส่วนอื่นๆ และขณะที่ตัดวงจรทางไฟฟ้าออกจากส่วนอื่นๆ คูภาคผนวก ค. เกี่ยวกับส่วนต่างๆ ที่อาจต่อโดยบังเอิญ

7. การประเมินผล

7.1 การรับรู้ การโต้ตอบ และการผลออก

แรงดันไฟฟ้า U_2 และ U_3 ในรูปที่ 4 และรูปที่ 5 คือค่าถ่วงน้ำหนักทางความถี่ของ U_1 ในลักษณะที่ความถี่ต่ำค่าเดียว เท่ากับการระบุผลของกระแสไฟฟ้าแต่ละสำหรับทุกความถี่ที่สูงกว่า 15 เฮิร์ตซ์ ค่าถ่วงน้ำหนักของกระแสไฟฟ้าแต่ละเหล่านี้ได้มาจากค่าสูงสุดของ U_2 และ U_3 ที่วัดในระหว่างขั้นตอนตามข้อ 6. หารด้วย 500 โอห์ม ค่าสูงสุดเปรียบเทียบกับขีดจำกัดของการรับรู้ หรือการโต้ตอบ และการผลออกที่ระบุสำหรับบริษัท (เช่น ค่าจำกัด 50 เฮิร์ตซ์ หรือ 60 เฮิร์ตซ์)

การวัดขีดจำกัดกระแสตรงทำเช่นเดียวกัน แต่ให้หาร U_1 ด้วย 500 โอห์ม (ดูภาคผนวก ข. ด้วย)

7.2 การไหม้ไฟฟ้า

ในกรณีที่กำลังถึงผลของการไหม้ไฟฟ้า (ดูข้อ 6.1) ให้วัดค่าอาร์เอ็มเอสไม่ถ่วงน้ำหนักหรือค่ากระแสตรงของกระแสไฟฟ้าแต่ละ โดยคำนวณมาจากแรงดันไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส U_1 ที่วัดพร้อมตัวต้านทาน 500 โอห์มของวงจรวัดในรูปที่ 3

ผลของกระแสไฟฟ้าแต่ละสัมพันธ์กับพื้นที่สัมผัสของร่างกายมนุษย์และระยะเวลาสัมผัส ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์เหล่านี้กับการกำหนดขีดจำกัดกระแสไฟฟ้าแต่ละไม่อยู่ในขอบข่ายของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ (ดูข้อ ง.3 ด้วย)

หมายเหตุ การไหม้ไฟฟ้าอันเป็นผลจากกำลังสูญเสียในรูปของกระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทานของผิวหนังและร่างกายมนุษย์ รูปแบบการไหม้อื่นอาจเป็นผลมาจากปฏิกิริยาไฟฟ้า ตัวอย่างเช่น เนื่องจากการอาร์ก หรือผลพลอยได้ของการอาร์ก

8. การวัดกระแสไฟฟ้าตัวนำป้องกัน

8.1 ทัวไป

ข้อกำหนดและค่าของกระแสไฟฟ้าสำหรับตัวนำป้องกันไม่สัมพันธ์กับกระแสไฟฟ้าแตะ ดังนั้นจึงจำกัดและวิธีวัดจึงแยกจากกัน

8.2 บริภัณฑ์หลายหน่วย

ในระบบลงดินร่วมกัน กระแสไฟฟ้าตัวนำป้องกันของแต่ละบริภัณฑ์รวมกันแบบไม่เป็นเชิงเลขคณิต ดังนั้นกระแสไฟฟ้าตัวนำป้องกันของกลุ่มบริภัณฑ์ที่ต่อลงดินด้วยตัวนำลงดินป้องกันเส้นเดียวไม่สามารถทำนายได้แน่นอนจากข้อมูลกระแสไฟฟ้าตัวนำป้องกันของแต่ละบริภัณฑ์ ดังนั้นการวัดค่าของแต่ละบริภัณฑ์จึงจำกัดการใช้งานเฉพาะแต่ละบริภัณฑ์ และกระแสไฟฟ้าตัวนำป้องกันสำหรับกลุ่มของบริภัณฑ์ต้องวัดในตัวนำลงดินป้องกันที่ใช้ร่วมกัน

8.3 วิธีวัด

กระแสไฟฟ้าตัวนำป้องกันสำหรับการติดตั้ง ต้องวัดหลังจากติดตั้งแอมมิเตอร์ที่มีอิมพีแดนซ์น้อยจนไม่ต้องนำมาพิจารณา (เช่น 0.5 โอห์ม) อนุกรมกับตัวนำป้องกัน การวัดกระแสไฟฟ้าตัวนำป้องกันให้ทำโดยที่บริภัณฑ์และระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าทำงานในทุกแบบวิธีการทำงานตามปกติ

ภาคผนวก ก.

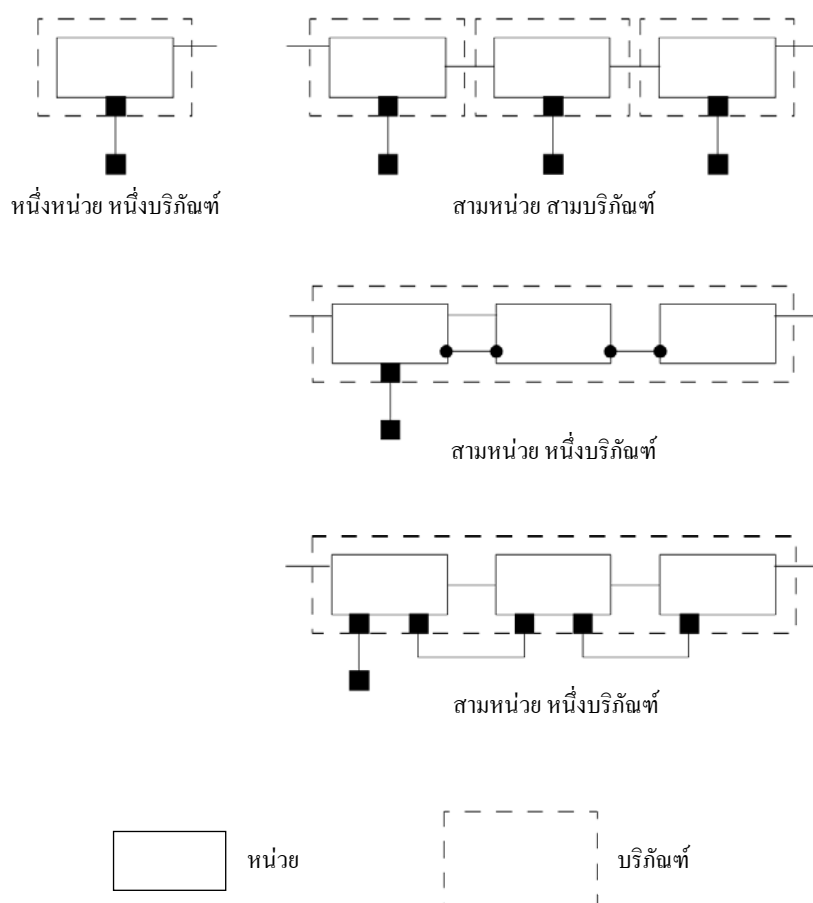
(ข้อกำหนด)

บริภัณฑ์

หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่นในมาตรฐานบริภัณฑ์ ให้ต่อบริภัณฑ์เข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าจุดเดียว

บริภัณฑ์อาจเป็นหน่วยเดียว หรืออาจประกอบด้วยหลายหน่วยที่ต่อระหว่างกันทางไฟฟ้า (ดูรูปที่ ก.1) แหล่งจ่ายไฟฟ้าอาจรวมอยู่ในบริภัณฑ์ (เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ หรือแบตเตอรี่)

การต่อสายสัญญาณต้องพิจารณาเป็นส่วนหนึ่งของบริภัณฑ์ ตามข้อ 5.4



คำอธิบาย

- การต่อแหล่งจ่ายเข้ากันได้กับแหล่งจ่ายในพื้นที่
- การต่อแหล่งจ่ายที่ไม่ได้ออกแบบให้ต่อโดยตรงเข้ากับแหล่งจ่ายในพื้นที่
- การต่ออื่นๆ

รูปที่ ก.1 บริภัณฑ์

ภาคผนวก ข.

(ข้อกำหนด)

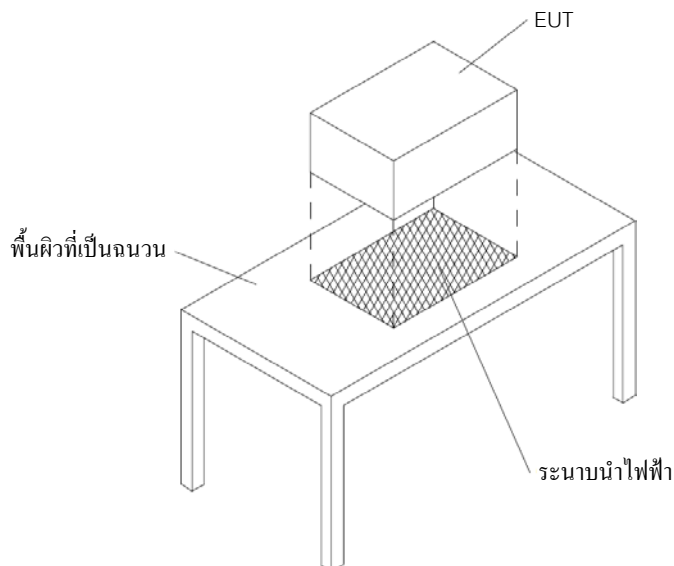
ในกรณีที่ขีดจำกัดของกระแสไฟฟ้าและ (ที่มีหรือไม่มีกร่องน้ำหนัทางความถี่) น้อยกว่า 70 ไมโครแอมแปร์ อาร์เอ็มเอส หรือ 100 ไมโครแอมแปร์พีค หรือในกรณีที่บริภัณฑ์ถูกทดสอบโดยมีการเชื่อมต่อเชิงความจุสูง (large capacitive coupling) กับพื้นผิวด้านนอก ซึ่งอาจถูกกระตุ้นที่ความถี่สูง (เช่น เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่สูง และ เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า) เป็นการเหมาะสมที่จะวัดกระแสไฟฟ้าซึ่งเชื่อมต่อเชิงความจุกับระนาบนำไฟฟ้าที่วางอยู่ใต้ หรือติดกับพื้นผิวของบริภัณฑ์ ถ้าทดสอบบริภัณฑ์ในลักษณะนี้ ต้องวางบริภัณฑ์บนระนาบนำไฟฟ้าซึ่งวางอยู่บน พื้นผิวที่เป็นฉนวน (ดูรูปที่ ข.1)

ระนาบนำไฟฟ้าต้องมีขนาดเท่ากับหรือใหญ่กว่าพื้นผิวของบริภัณฑ์ที่อยู่ติดกันโดยพื้นที่หรือเส้นรอบรูปบริภัณฑ์

ต้องวัดตามข้อ 6. โดยระนาบนำไฟฟ้าทดสอบเป็นส่วนที่แต่ละต้องถึงได้

ต้องวัดซ้ำโดยที่ระนาบนำไฟฟ้าวางติดกับพื้นผิวอื่นของบริภัณฑ์ซึ่งอาจติดกับระนาบนำไฟฟ้านอก

สำหรับจุดประสงค์ของการแยกจากการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า อาจจำเป็นต้องวางบริภัณฑ์ (รวมถึงระนาบนำไฟฟ้า ถ้าใช้) ห่าง 0.5 เมตรหรือมากกว่าจากตัวนำอื่นหรือบริภัณฑ์อื่น



รูปที่ ข.1 แทนวางบริภัณฑ์

ภาคผนวก ก.
(ข้อกำหนด)
ส่วนที่อาจต่อโดยบังเอิญ

ส่วนที่อาจต่อโดยบังเอิญคือส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึงได้ซึ่งไม่ต่ออย่างถาวรหรือไม่แยกอย่างชัดเจนจากดินหรือแรงดันไฟฟ้าที่ระบุ

ตัวอย่างของส่วนที่อาจต่อโดยบังเอิญ

- ประตูและส่วนประกอบซึ่งยึดด้วยบานพับโลหะ
- ฉลากที่ยึดด้วยกาว ซึ่งมีส่วนนำไฟฟ้าที่แตะต้องถึงได้ (เช่น โลหะเปลว)
- ส่วนที่ยึดติดกับสัหรือพื้นผิวแอโนไดซ์
- ที่จับควบคุม

ในบางตัวอย่างจากการผลิตบริษัทอาจมีส่วนที่อาจต่อโดยบังเอิญซึ่งมีผลทำให้ต่อลงดินหรือต่อเข้ากับวงจรอื่นในตัวอย่างอื่นๆ ส่วนเดียวกันนี้อาจแยกจากดินหรือวงจรอื่น โดยทั่วไปถึงแม้ว่ายังไม่มี ความชัดเจนว่ากรณีใดที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าแตะสูงกว่า ข้อ 6.2.2 กำหนดให้วัดกระแสไฟฟ้าแตะทั้ง 2 กรณี เพื่อหากรณีที่ร้ายแรงที่สุด อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่ความถี่หลักต่ำกว่า 100 เฮิร์ตซ์ กรณีที่ร้ายแรงที่สุดน่าจะเป็นการต่อส่วนที่อาจต่อโดยบังเอิญเข้ากับส่วนอื่นๆ

ภาคผนวก ง.

(ข้อแนะนำ)

การเลือกขีดจำกัดกระแสไฟฟ้า

เมื่อร่างวิธีดำเนินการที่ระบุในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ได้ตั้งสมมุติฐานเกี่ยวกับขีดจำกัดกระแสไฟฟ้าที่คณะกรรมการวิชาการรายบริษัทฯ ใช้ ซึ่งมีความจำเป็นในการเลือกข้อมูลที่เหมาะสมจาก IEC 60479-1 เพื่อออกแบบวงจรวัดในรูปที่ 3 รูปที่ 4 และรูปที่ 5

สมมุติฐานเหล่านี้มาจากมาตรฐาน IEC ฉบับก่อนหน้า ค่ากระแสไฟฟ้าที่ให้ไว้ในภาคผนวกนี้เป็นเพียงตัวอย่างเท่านั้น ค่าที่ให้ไว้ด้านล่างเพื่อเป็นตัวอย่างสำหรับคณะกรรมการวิชาการรายบริษัทฯ เมื่อเลือกขีดจำกัดกระแสไฟฟ้า

ง.1 ตัวอย่างขีดจำกัด

ง.1.1 หัวใจห้องล่างเต้นผิดจังหวะ (ventricular fibrillation)

- ไม่มีขีดจำกัด
- มีสมมุติฐานว่าขีดจำกัดเลือกมาจากกระแสไฟฟ้าและที่ต่ำกว่าขีดเริ่มเปลี่ยนสำหรับการเกิดหัวใจห้องล่างเต้นผิดจังหวะ

ง.1.2 ไม่สามารถผละออก

- วิธีวัดระบุไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้
- IEC 60479-1 ตั้งสมมุติฐานให้ 10 มิลลิแอมแปร์อาร์เอ็มเอส เป็นระดับขีดเริ่มเปลี่ยนเฉลี่ยโดยประมาณของกระแสไฟฟ้าผละออก ซึ่ง 5 มิลลิแอมแปร์อาร์เอ็มเอส ตามที่ระบุไว้ใน IEC 60479-1 รวมประชากรในวัยผู้ใหญ่ทั้งหมด ดูรูปที่ ง.3 สำหรับผลกระทบของความถี่

ง.1.3 การได้ตอบ

- วิธีวัดระบุไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้
- ขีดเริ่มเปลี่ยนการได้ตอบที่ให้ไว้ใน IEC 60479-1 ประมาณ 0.5 มิลลิแอมแปร์อาร์เอ็มเอสสำหรับความถี่ต่ำ มีการใช้ขีดจำกัดต่างๆ ระหว่างขีดเริ่มเปลี่ยนสำหรับการได้ตอบกับการผละออก

ง.1.4 ขีดเริ่มเปลี่ยนการรับรู้

- กระแสไฟฟ้าแต่ละสามารถรับรู้ได้ที่ระดับต่ำขนาดไม่กี่โมโครแอมแปร์ เว้นแต่กระแสไฟฟ้าสูงเพียงพอที่จะทำให้เกิดการได้ตอบโดยไม่ตั้งใจซึ่งอาจทำให้เกิดผลกระทบที่เป็นอันตราย กระแสไฟฟ้าแต่ละระดับต่ำเหล่านี้พิจารณาว่าไม่เป็นอันตราย

ง.1.5 การประยุกต์ใช้งานพิเศษ

- วิธีวัดที่ระบุไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้สามารถใช้ได้ หากมิได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่นในมาตรฐานที่ใช้งานสำหรับผลิตภัณฑ์เฉพาะ
- ให้ใช้ 0.25 มิลลิแอมแปร์อาร์เอ็มเอส (ครึ่งหนึ่งของขีดเริ่มเปลี่ยนการโต้ตอบ) สำหรับบริษัทประเภท II ตาม IEC 60065, IEC 60950 และ IEC 60335-1 ดูรูปที่ ง.2 สำหรับผลกระทบของความถี่
- ระบุขีดจำกัดที่ต่ำกว่า 0.25 มิลลิแอมแปร์อาร์เอ็มเอส สำหรับการประยุกต์ใช้งานทางการแพทย์บางอย่าง ในการประยุกต์ใช้งานนั้น วิธีวัดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้อาจไม่มีแบบจำลองอิมพีแดนซ์ของร่างกายที่แม่นยำ (ดูข้อ ง.1)

ง.2 การเลือกขีดจำกัด

ควรพิจารณาความจำเป็นในการระบุขีดจำกัดที่ต่างกันสำหรับ (1) ในภาวะการทำงานตามปกติ และ (2) ในภาวะผิดปกติ

ดู IEC 60479-1 สำหรับข้อแนะนำผลกระทบของกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายมนุษย์

ขีดจำกัดตามปกติระบุอยู่ในรูปของค่าสูงสุดของกระแสตรงและกระแสสลับที่ความถี่ไม่เกิน 100 เฮิรตซ์ วิธีวัดที่ระบุในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้เป็นแบบเดียวกันสำหรับการผลออก การโต้ตอบ และการประยุกต์ใช้งานพิเศษบางอย่าง วงจรวัดคำนึงถึงผลกระทบของกระแสไฟฟ้าความถี่สูงกับร่างกายและจำลองอิมพีแดนซ์ร่างกายที่ต่ำลงเมื่อความถี่สูงขึ้น การผลออก การโต้ตอบ และการรับรู้หาได้จากฟิสิกของกระแสไฟฟ้า ที่ถ่วงน้ำหนักทางความถี่ สำหรับการไหม้ไฟฟ้า ค่าอาร์เอ็มเอสมีนัยสำคัญ สำหรับขอบข่ายของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ผลกระทบของความถี่กับการไหม้ไฟฟ้าไม่นำมาพิจารณา เมื่อผลกระทบหลักที่ความถี่ต่ำคือการโต้ตอบหรือการผลออก

ขีดจำกัดตั้งอยู่บนพื้นฐานของหัวใจห้องล่างเต้นผิดจังหวะ (ข้อ ง.1.1) ไม่จำเป็นต้องใช้สำหรับทุกบริษัท เมื่อขีดจำกัดกระแสไฟฟ้าแต่ละที่ต่ำกว่าสำหรับการโต้ตอบหรือการผลออกป้องกันการเกิดหัวใจห้องล่างเต้นผิดจังหวะได้เสมอ ข้อยกเว้น (อธิบายไว้ใน IEC 60479-1) ในกรณีที่กระแสอิมพัลส์ระยะสั้นสามารถไหลผ่านร่างกาย (อิมพัลส์สั้นมากเป็นผลให้ไม่สามารถผลออกได้) และการโต้ตอบจากกระแสอิมพัลส์นั้นไม่พิจารณาว่าเป็นอันตราย

สำหรับส่วนที่ทำได้ ค่าขีดจำกัดสูงสุดสำหรับกระแสไฟฟ้าต่อเนื่องเป็นแบบเดียวกับการผลออก (ข้อ ง.1.2) ยกเว้นการพิจารณาการไหม้ไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม การไหม้ไฟฟ้าเป็นตัวประกอบหลักที่ความถี่สูงเท่านั้น ระหว่างขีดจำกัดของการโต้ตอบกับการผลออก อาจมีการป้องกันอันตรายทุติยภูมิเนื่องจากการโต้ตอบของ

กล้ามเนื้อโดยไม่ตั้งใจหรือควบคุมไม่ได้ แต่คาดว่าจะไม่ทำให้บาดเจ็บโดยตรงเนื่องจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกาย กระแสไฟฟ้านั้นอาจพิจารณาว่ายอมรับได้ภายใต้ภาวะผิพราะงเดี่ยว (เช่น ความบกพร่องของการต่อลงดิน)

สำหรับกระแสไฟฟ้าระยะสั้น บางครั้งใช้ค่าขีดจำกัดที่สูงกว่าสำหรับการผละออก หากมีค่าต่ำกว่าขีดเริ่มเปลี่ยนสำหรับหัวใจห้องล่างเต้นผิดจังหวะและการไหม้ไฟฟ้าอย่างเพียงพอ ควรใช้วงจรในรูปที่ 3 สำหรับการวัดนี้จนกว่าแบบจำลองอิมพีแดนซ์ร่างกายจำเพาะสำหรับการสัมผัสพื้นที่ขนาดเล็กถูกพัฒนาขึ้นมา (งานในอนาคต)

ควรใช้วงจรการรับรู้/การโต้ตอบ ในรูปที่ 4 วัดในกรณีที่ใช้ขีดจำกัดการโต้ตอบจนกว่าแบบจำลองอิมพีแดนซ์ร่างกายจำเพาะสำหรับการสัมผัสพื้นที่ขนาดเล็กถูกพัฒนาขึ้นมา (งานในอนาคต)

เป็นที่ทราบดีว่าค่าขีดจำกัดสำหรับกระแสไฟฟ้าและความถี่ต่ำในมาตรฐาน IEC ฉบับอื่นขึ้นอยู่กับพิจารณาต่อไปนี้

– ขีดจำกัดสำหรับการโต้ตอบ และขีดจำกัดขั้นต่ำ

- ความจำเป็นในการหลีกเลี่ยงการโต้ตอบที่ไม่ตั้งใจ ในกรณีที่อาจเกิดผลรุนแรงตามมา (เช่น ตกจากบันได หรือทำปฏิกิริยาหล่น)
- ขีดจำกัดสำหรับการโต้ตอบโดยทั่วไปคือ 0.5 มิลลิแอมแปร์อาร์เอ็มเอส หรือ 0.7 มิลลิแอมแปร์พีค สำหรับแรงดันไฟฟ้ารูปคลื่นไซน์ชอยด์
- ระบุขีดจำกัดต่ำกว่า 0.25 มิลลิแอมแปร์อาร์เอ็มเอส (0.35 มิลลิแอมแปร์พีค) ในกรณีที่ผู้ใช้รับสัมผัสรับรู้ไวโดยเฉพาะ หรือมีความเสี่ยงเนื่องจากเหตุผลทางสภาพแวดล้อมหรือทางชีววิทยา

– ขีดจำกัดการผละออก

- การรับรู้ และการโต้ตอบบางครั้งยอมรับได้ถ้าเป็นการระบุความผิพราะงครั้งแรก เมื่อใช้ขีดจำกัดการผละออก
- ประเมินว่าผู้ชายและผู้หญิงมีค่าเฉลี่ยขีดเริ่มเปลี่ยนการผละออกที่ 16 มิลลิแอมแปร์อาร์เอ็มเอส และ 10.5 มิลลิแอมแปร์อาร์เอ็มเอส ตามลำดับ
- ผู้คนบางกลุ่มอาจมีขีดเริ่มเปลี่ยนต่ำกว่า เช่น เปอร์เซ็นไทล์ที่ 99.5 ของผู้ชายและผู้หญิงมีรายงานที่ 9 มิลลิแอมแปร์อาร์เอ็มเอส และ 6 มิลลิแอมแปร์อาร์เอ็มเอส ตามลำดับ และค่าขีดเริ่มเปลี่ยนสำหรับเด็กต่ำกว่านี้
- ภาวะผิพราะงเดี่ยวที่แน่นอนอาจใช้ขีดจำกัดการผละออก โดยใช้ขีดจำกัดการโต้ตอบสำหรับภาวะปกติ (ไม่มีความผิพราะง)

บริษัทบางชนิดอาจมีค่ากระแสไฟฟ้าและเริ่มต้นสูง เมื่อสวิตช์ปิดวงจรครั้งแรก ซึ่งจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อบริษัทนั้นทำงาน

ง.3 ผลกระทบการไหม้ไฟฟ้าของกระแสไฟฟ้าและ

ไม่มีค่าขีดจำกัดกระแสไฟฟ้าและที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าป้องกันการไหม้ไฟฟ้าได้ในทุกกรณี พารามิเตอร์อื่น เช่น พื้นที่สัมผัสกับร่างกายมนุษย์ และระยะเวลาสัมผัส เป็นที่ทราบว่ามีความสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์เหล่านี้จำเป็นต้องศึกษากันต่อไป เมื่อกำหนดขีดจำกัดความปลอดภัย อาจอยู่ในรูปของพารามิเตอร์เหล่านี้ 2 พารามิเตอร์ขึ้นไป

วิธีวัดกระแสไฟฟ้าและสำหรับการพิจารณาผลกระทบการไหม้ไฟฟ้าระบุไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ (ดูข้อ 7.2)

ขีดจำกัดดังต่อไปนี้ใช้ในมาตรฐาน IEC

- IEC 61010-1: 500 มิลลิแอมแปร์อาร์เอ็มเอส (ภายใต้ภาวะผิดปกติ)

มีการรายงานว่าผิวหนังเริ่มเกิดการไหม้ที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 300 มิลลิแอมแปร์อาร์เอ็มเอสต่อตารางเซนติเมตร ถึง 400 มิลลิแอมแปร์อาร์เอ็มเอสต่อตารางเซนติเมตร (Becker, Malhotra และ Hedley-Whyte)

ภาคผนวก จ.

(ข้อแนะนำ)

วงจรสำหรับใช้วัดกระแสไฟฟ้าและ

ค่ากระแสไฟฟ้าที่ให้ไว้ในภาคผนวกนี้เป็นเพียงตัวอย่างเท่านั้น

วงจรในรูปที่ 3 รูปที่ 4 และรูปที่ 5 เจตนาให้ใช้วัดกระแสไฟฟ้าและโดยใช้ขีดจำกัดทั่วไปตามคณะกรรมการวิชาการ
รายบริษัท เช่น จาก 100 ไมโครแอมแปร์อาร์เอ็มเอส หรือ 140 ไมโครแอมแปร์พีค จนถึงประมาณ 10 มิลลิ
แอมแปร์อาร์เอ็มเอส หรือ 14 มิลลิแอมแปร์พีค สำหรับกระแสไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสตรง และครอบคลุม
พิสัยความถี่จนถึง 1 เมกะเฮิร์ตซ์ สำหรับรูปคลื่นไซน์ชอยด์ ความถี่ผสม และไม่ใช้รูปคลื่นไซน์ชอยด์

จ.1 วงจรมีพีแดนซ์ร่างกาย – รูปที่ 3

จุดประสงค์ของวงจรร่างกายในรูปที่ 3 เพื่อ

- จำลองอิมพีแดนซ์ของร่างกายมนุษย์
- กำหนดการวัดที่ระดับกระแสไฟฟ้าที่สามารถไหลผ่านร่างกายมนุษย์ได้ ถ้าร่างกายสัมผัสกับ
บริษัทในลักษณะที่เหมือนกัน

R_B แบบจำลองอิมพีแดนซ์ภายในของร่างกายมนุษย์

R_S และ C_S แบบจำลองของผลรวมอิมพีแดนซ์ผิวหนังของจุดสัมผัส 2 จุด ค่าของ C_S ได้จากพื้นที่สัมผัสที่
เป็นผิวหนัง สำหรับพื้นที่สัมผัสขนาดใหญ่ อาจใช้ค่ามากขึ้นได้ (เช่น 0.33 ไมโครฟารัด)

กระแสไฟฟ้าและที่เกี่ยวข้องกับการไหลไฟฟ้าเท่ากับ U_1 อาร์เอ็มเอส หาคด้วย 500 โอห์ม

จ.2 วงจรการรับรู้ การได้ตอบ (และอิมพีแดนซ์ร่างกาย) – รูปที่ 4

การรับรู้และการได้ตอบโดยร่างกายมนุษย์นั้นเป็นผลมาจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านส่วนภายในร่างกาย

การพิจารณาและการชดเชยสำหรับการแปรผันความถี่ของการได้ตอบมีความจำเป็นเพื่อให้การวัดผลกระทบ
นี้มีความแม่นยำ วงจรในรูปที่ 4 จำลองอิมพีแดนซ์ร่างกายและมีการถ่วงน้ำหนักเพื่อให้เป็นไปตาม
ลักษณะเฉพาะทางความถี่ของร่างกายในขณะที่กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดการได้ตอบโดยไม่ตั้งใจ โดยมี
สมมุติฐานว่ารูปแบบลักษณะเฉพาะทางความถี่เป็นแบบเดียวกันสำหรับการได้ตอบและการรับรู้ และข้อมูล
ที่ใช้สร้างลักษณะเฉพาะทางความถี่ได้จากการทดสอบจริงที่ขีดเริ่มเปลี่ยนการรับรู้

วงจรวัดใช้ได้สำหรับขีดจำกัดกระแสไฟฟ้าจนถึงขีดจำกัดการผลออกสำหรับกระแสไฟฟ้า 50 เฮิร์ตซ์ และ
60 เฮิร์ตซ์ และที่ความถี่ที่สูงขึ้น สำหรับขีดจำกัดกระแสไฟฟ้าจนถึงสมมูลถ่วงน้ำหนักประมาณ 2 มิลลิ
แอมแปร์อาร์เอ็มเอสที่ 50 เฮิร์ตซ์ และ 60 เฮิร์ตซ์ การใช้วงจรนี้สำหรับวัดขีดจำกัดระดับที่สูงขึ้นถูกจำกัด

โดยการพิจารณาการผละออก และความจำเป็นสำหรับการถ่วงน้ำหนักทางความถี่ที่ต่างกัน ถ้าคำนึงถึงความสามารถในการผละออก (ดูข้อ จ.3)

กระแสไฟฟ้าแต่ละกระแสสลับหรือกระแสตรงที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้หรือการโต้ตอบเท่ากับ U_2 พิก หารด้วย 500 โอห์ม

จ.3 วงจรการผละออก (และอิมพีแดนซ์ร่างกาย) – รูปที่ 5

ความสามารถในการผละออกจากวัตถุซึ่งเกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านภายในร่างกาย (เช่น ผ่านกล้ามเนื้อ)

ผลกระทบของความถี่กับขีดจำกัดการผละออกแตกต่างจากผลกระทบของการรับรู้และการโต้ตอบ หรือการไหม้ไฟฟ้า เป็นความจริงโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความถี่มากกว่า 1 กิโลเฮิร์ตซ์

วงจรรูปที่ 5 จำลองอิมพีแดนซ์ร่างกายและการถ่วงน้ำหนักตามการตอบสนองทางความถี่ของร่างกายต่อกระแสไฟฟ้าที่สามารถทำให้เกิดการหดของกล้ามเนื้อ (กล้ามเนื้อหดตัวโดยไม่ตั้งใจ) และความสามารถในการผละออกจากส่วนที่ทำได้ กระแสไฟฟ้าแต่ละที่เกี่ยวข้องกับขีดเริ่มเปลี่ยนการผละออกเท่ากับ U_3 พิก หารด้วย 500 โอห์ม

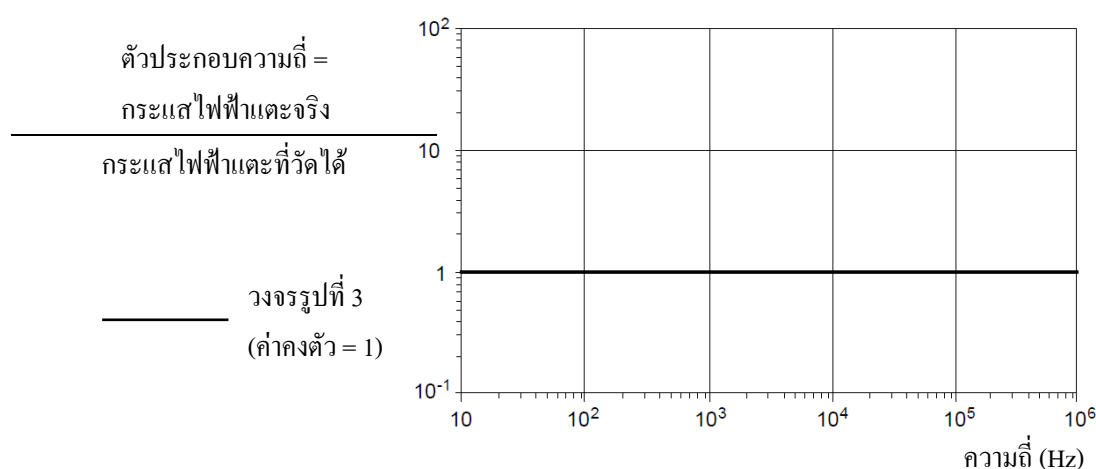
ภาคผนวก ฉ.

(ข้อแนะนำ)

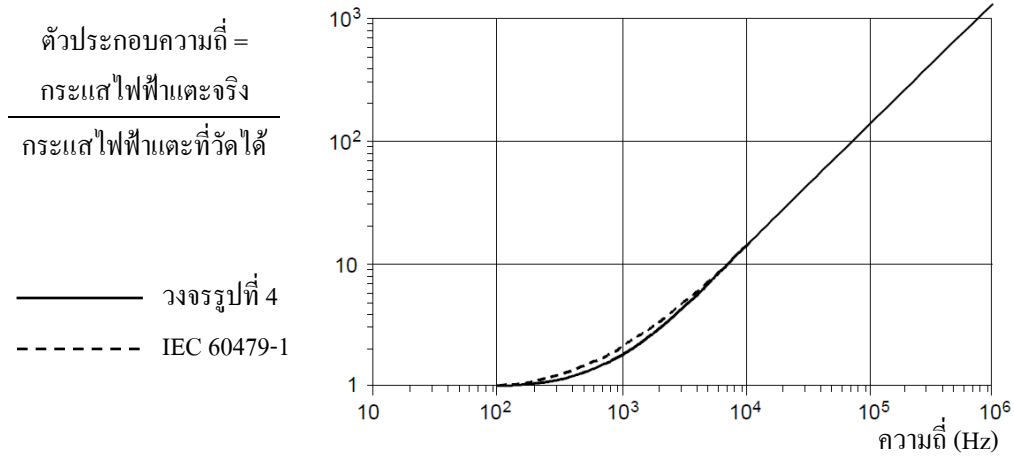
ข้อจำกัดและการสร้างวงจรวัด

วงจรวัดตามรูปที่ 3 รูปที่ 4 และรูปที่ 5 มีเจตนาเพื่อสร้างการตอบสนองแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ซึ่งประมาณได้ตามเส้นโค้งที่ให้ไว้ในรูปที่ ฉ.1 รูปที่ ฉ.2 และรูปที่ ฉ.3 วงจรและเส้นโค้งอ้างอิงเป็นข้อตกลงทั่วไปตาม IEC 60479-1 ยกเว้นสำหรับวงจรวัดอย่างง่ายยอมให้เบี่ยงเบนได้เล็กน้อยที่เส้นโค้งเปลี่ยนระหว่าง 300 เฮิร์ตซ์ กับ 10 กิโลเฮิร์ตซ์

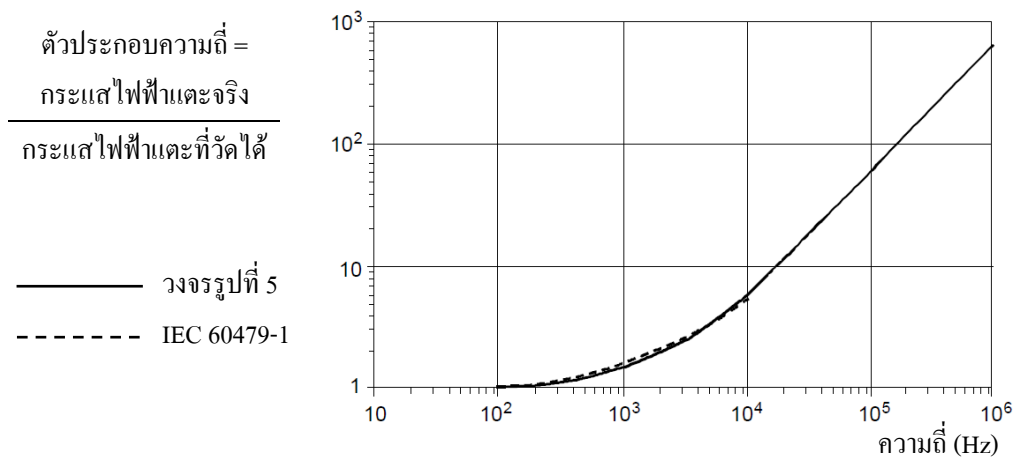
ในกรณีที่ระบุขีดจำกัดสำหรับการไหม้ไฟฟ้า ให้วัดกระแสไฟฟ้าแต่ละโดยไม่ถ่วงน้ำหนักทางความถี่ ถ้าขีดจำกัดกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอสสำหรับการไหม้ไฟฟ้ามีค่าเกิน ก่อนที่จะถึงขีดจำกัดกระแสไฟฟ้าพิคถ่วงน้ำหนัก สำหรับการรับรู้ การโต้ตอบ และการผลออก ให้แทนที่เกณฑ์การรับรู้ การโต้ตอบ หรือการผลออกด้วยเกณฑ์ที่สร้างขึ้นสำหรับการไหม้ไฟฟ้า ถ้าเกิดสิ่งนี้ขึ้นโดยทั่วไปจะอยู่ในพิสัยความถี่ 30 กิโลเฮิร์ตซ์ ถึง 500 กิโลเฮิร์ตซ์ ขึ้นอยู่กับรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้าและค่าขีดจำกัดที่ใช้ เว้นแต่ความถี่นั้นมีความสำคัญ ไม่จำเป็นต้องวัดขีดจำกัดการไหม้ไฟฟ้า



รูปที่ ฉ.1 ตัวประกอบความถี่สำหรับการไหม้ไฟฟ้า



รูปที่ ๒.2 ตัวประกอบความถี่สำหรับการรับรู้และการโต้ตอบ



รูปที่ ๒.3 ตัวประกอบความถี่สำหรับการผละออก

ภาคผนวก ข.

(ข้อแนะนำ)

การสร้างและการใช้งานเครื่องวัดกระแสไฟฟ้าและ

ข.1 การพิจารณาเลือกส่วนประกอบ

การเลือกส่วนประกอบสำหรับวงจรวัดกระแสไฟฟ้าและในรูปที่ 3 รูปที่ 4 และรูปที่ 5 มีผลกระทบอย่างมากต่อการใช้งาน เช่น การวัดกระแสไฟฟ้าและความถี่ และการพิจารณาเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนและความสามารถในการรับกำลังไฟฟ้า

วงจรวัดและเครื่องวัด และข้อกำหนดด้านสมรรถนะที่อธิบายไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้เหมาะสมกับทั้งกระแสไฟฟ้าและรูปคลื่นไซน์ชอยด์จากบริบทอย่างง่าย และกระแสไฟฟ้าและที่ไม่ใช่รูปคลื่นไซน์ชอยด์จากผลิตภัณฑ์สมัยใหม่ที่สร้างความถี่สูง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากข้อจำกัดการใช้งานวงจรอาจไม่จำเป็นต้องครอบคลุมพิสัยทั้งหมดตั้งแต่กระแสตรงจนถึงความถี่ 1 เมกะเฮิรตซ์ หรือทนต่อระดับกำลังไฟฟ้าเข้าที่ไม่น่าจะเกิดขึ้นในการใช้งานเฉพาะ วงจรวัดและเครื่องวัดกระแสไฟฟ้าอย่างง่ายสามารถใช้แทนวงจรวัดและเครื่องวัดเฉพาะ หากภาวะวงจรมั่นคงค่าได้เหมือนกัน

ข้อมูลที่ให้นี้มีเจตนาเพื่อระบุปัจจัยที่ต้องพิจารณาสำหรับแต่ละส่วนประกอบ เพื่อให้สามารถตัดสินใจได้อย่างเหมาะสมสำหรับการใช้งานเฉพาะ

ข.1.1 พิกัดกำลังไฟฟ้าและความเหนี่ยวนำสำหรับ R_S และ R_B

กำลังไฟฟ้าใน R_S และ R_B หาได้จาก 2 ปัจจัย ปัจจัยที่หนึ่งคือความเป็นไปได้ของโหลดเกินที่กระแสตรงหรือความถี่ต่ำ ตัวอย่างเช่นถ้าต้องการให้มีความสามารถรองรับโหลดเกินได้ที่ 240 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ หรือ 60 เฮิรตซ์ R_S ต้องทน 21.6 วัตต์ และ R_B ต้องทน 7.2 วัตต์ ได้เป็นระยะเวลาสั้น ๆ เป็นอย่างน้อย โดยที่ค่าไม่เปลี่ยน อย่างไรก็ตาม ถ้าไม่คำนึงถึงโหลดเกิน ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะ 1/2 วัตต์ หรือ 1 วัตต์ มีความแม่นยำที่เพียงพอ พร้อมทั้งมีสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิค่าและเสถียรภาพระยะยาว

โดยขึ้นอยู่กับตัวเลือกข้างต้น วงจรวัดควรทำเครื่องหมายค่าต่างๆ อย่างเหมาะสม เว้นแต่สามารถทนโหลดเกินต่อเนื่องได้

R_B อาจมีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าจากกระแสไฟฟ้าความถี่สูงในการใช้งานบางอย่างด้วย เช่น ถ้าวัดกระแสไฟฟ้าที่เป็นอันตรายจากการไหม้ 500 มิลลิแอมแปร์ อาจมีการสูญเสียกำลังไฟฟ้า 125 วัตต์ เกิดขึ้นใน R_B ถึงแม้ว่าสิ่งนี้มักไม่เกิดขึ้น ก็ควรเลือกตัวต้านทานที่สามารถทนได้

ตัวต้านทานกำลัง (power resistor) แบบลวดพันใช้รองรับกำลังไฟฟ้าได้ ถ้าตัวประกอบอื่น เช่น ความแม่นยำ และความผิดพลาดเนื่องจากความเหนี่ยวนำควบคุมให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้สำหรับการใช้งาน

ให้ใช้ตัวต้านทานกำลังที่มีความแม่นยำ $\pm$ ร้อยละ 1 และ $\pm$ ร้อยละ 5 ได้ ความเหนี่ยวนำที่วัดจากตัวต้านทานแบบลวดพันขนาด 12 วัดต์ และ 20 วัดต์ แบบทั่วไป มีค่าประมาณ 30 ไมโครเฮนรี ต่อค่าความต้านทาน 1 000 โอห์ม ตัวต้านทานแบบนี้ 2 ตัว ต่อขนานกันให้ค่า 500 โอห์ม และความเหนี่ยวนำทำให้โอห์มมิเตอร์เพิ่มขึ้นร้อยละ 2 เป็น 510 โอห์ม ที่ 1 เมกะเฮิรตซ์ ค่าของตัวต้านทาน R_s และตัวเก็บประจุ C_s ใช้ควบคุมสมรรถนะที่ความถี่สูงของวงจร R_s / R_B ความเหนี่ยวนำ 1 มิลลิเฮนรี ซึ่งสูงกว่าที่คาดไว้มาก ต่ออนุกรมกับ R_s (1 500 โอห์ม) ทำให้ค่าเปลี่ยนน้อยกว่าร้อยละ 0.2 ที่ 1 เมกะเฮิรตซ์

ข.1.2 ตัวเก็บประจุ C_s

แนะนำให้ใช้ตัวเก็บประจุแบบฟิล์มที่มีโครงสร้างแบบแผ่นเปลวเพิ่มเติม (extended foil) ตัวเก็บประจุ C_s อาจต้องมีพิกัดแรงดันไฟฟ้าที่สามารถทนโวลต์เกินระยะสั้น เช่น 250 โวลต์กระแสสลับ หรือในบางกรณี 400 โวลต์กระแสตรง หรือ 600 โวลต์กระแสตรง ตัวเก็บประจุแบบฟิล์มที่กำหนดพิกัดสำหรับกระแสตรงโดยทั่วไปทนแรงดันไฟฟ้าพิกัดกระแสสลับเท่ากับพิกัดกระแสตรงเป็นระยะสั้นโดยไม่ผิดปกติ ถ้าควบคุมความเหนี่ยวนำ และการเดินสายของ C_s เพื่อให้ได้สมรรถนะที่ 1 เมกะเฮิรตซ์ อาจจำเป็นต้องต่อขนานตัวเก็บประจุ 2 ตัว หรือ 3 ตัว เพื่อความแม่นยำและผลตอบแทนทางความถี่

ตัวเก็บประจุแบบฟิล์ม 0.1 ไมโครฟารัด แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 250 โวลต์กระแสสลับ วัดเรโซแนนซ์ที่ประมาณ 3 เมกะเฮิรตซ์ สามารถคาดได้ว่ามีความผิดพลาดประมาณร้อยละ 3 ที่ 1 เมกะเฮิรตซ์ ที่เกิดจากความเหนี่ยวนำของส่วนประกอบนั้น ตัวเก็บประจุที่มีค่าต่ำกว่า 0.1 ไมโครฟารัด สามารถนำมาต่อขนานเพื่อลดความผิดพลาดที่เกิดจากความเหนี่ยวนำ

ข.1.3 ตัวต้านทาน R_1 , R_2 และ R_3

ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะมีสมรรถนะที่เพียงพอภายใต้โวลต์เกิน และที่มีความถี่ถึง 1 เมกะเฮิรตซ์ ถ้าต้องการให้สามารถรองรับโวลต์เกิน (ดูข้อ ข.1.1) R_1 และ R_2 ควรมีกำลังไฟฟ้าที่กำหนด 1 วัดต์

ข.1.4 ตัวเก็บประจุ C_1 , C_2 และ C_3

แนะนำให้ใช้ตัวเก็บประจุแบบฟิล์มที่มีโครงสร้างแบบแผ่นเปลวเพิ่มเติม ความเหนี่ยวนำของตัวเก็บประจุในพิสัยนี้โดยทั่วไปไม่มีผลกับความผิดพลาดอย่างมีนัยสำคัญจนถึง 1 เมกะเฮิรตซ์ ตัวเก็บประจุสามารถปรับค่าความคลาดเคลื่อนได้โดยต่อขนานตัวเก็บประจุที่มีค่าต่ำกว่าจำนวน 2 ตัว หรือ มากกว่า

ข.2 โวลต์มิเตอร์

สำหรับสมรรถนะเต็มที่จนถึง 1 เมกะเฮิรตซ์ อุปกรณ์ที่ใช้วัดค่า U_1 , U_2 และ U_3 ควรเป็นเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า ซึ่ง

- ตอบสนอง ต่อ

- ไฟฟ้ากระแสตรง สำหรับการวัดไฟฟ้ากระแสตรง
 - ค่าอาร์เอ็มเอสจริง สำหรับการวัดค่าอาร์เอ็มเอส และ
 - ค่าพีค สำหรับการวัดค่าพีค
- มีความต้านทานด้านเข้าไม่น้อยกว่า 1 เมกะโอห์ม
 - มีความจุไฟฟ้าด้านเข้าไม่เกิน 200 พิโกฟารัด สำหรับการวัดไฟฟ้ากระแสสลับ
 - มีพิสัยความถี่สำหรับการวัดไฟฟ้ากระแสสลับตั้งแต่ 15 เฮิร์ตซ์ ถึง 1 เมกะเฮิร์ตซ์ หรือมากกว่า ถ้าใช้กับความถี่ที่สูงกว่า
 - มีด้านเข้าแบบลอยหรือด้านเข้าแบบผลต่างซึ่งมีการกำจัดแบบโหมคร่วม(common mode rejection) อย่างน้อย 40 เดซิเบล จนถึง 1 เมกะเฮิร์ตซ์

คู่มือ ข.1 เกี่ยวกับการใช้เครื่องมืออย่างง่ายสำหรับการใช้งานเฉพาะ

ข.3 ความแม่นยำ

ความแม่นยำเบ็ดเสร็จของวงจรวัดกระแสไฟฟ้าและโวลต์มิเตอร์มีผลกระทบจากความแม่นยำของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ และการตอบสนองทางความถี่ อิมพีแดนซ์ และความแม่นยำของโวลต์มิเตอร์ ความจุไฟฟ้าควรรวมส่วนประกอบและความเหนี่ยวนำสายนำก็จะมีผลกระทบกับความแม่นยำของการวัดด้วย

โวลต์มิเตอร์มีทั้งความต้านทานด้านเข้าและความจุไฟฟ้าด้านเข้า ที่กระแสดตรงหรือความถี่ต่ำ โวลต์มิเตอร์ที่มีความต้านทานด้านเข้า 1 เมกะโอห์ม ที่ใช้กับวงจรวัดในรูปที่ 4 หรือรูปที่ 5 ระบุค่าต่ำลงร้อยละ 1 เนื่องจากการแบ่งแรงดันไฟฟ้าด้วยตัวต้านทาน 10 000 โอห์ม ในวงจรวัด ที่ความถี่สูงความจุไฟฟ้าด้านเข้าของโวลต์มิเตอร์ซึ่งโดยทั่วไปมีค่า 30 พิโกฟารัด ที่ต่อขนานโดยตรงกับตัวเก็บประจุด้านออกของวงจรวัดสามารถทำให้ค่าต่ำลงร้อยละ 0.15 ได้ในวงจรรูปที่ 4 และต่ำลงร้อยละ 0.33 ในวงจรรูปที่ 5

ข.4 การสอบเทียบและการใช้เครื่องวัด

หมายเหตุ นิยามของการสอบเทียบให้ไว้ใน ISO 10012-1 ข้อ 3.23

สมรรถนะของวงจรวัดกระแสไฟฟ้าและที่ประกอบขึ้น หรือเครื่องวัดกระแสไฟฟ้าและสามารถหาได้จาก การเปรียบเทียบค่าที่อ่านได้กับค่าที่คำนวณได้ทางอุดมคติตลอดพิสัยความถี่ที่สนใจ (คู่มือ ฎ.1) ความผิดพลาดที่แต่ละความถี่ของการวัดควรบันทึกไว้สำหรับขั้นตอนสอบต่างๆ ของแต่ละเครื่องวัด ข้อมูลความผิดพลาดที่รวบรวมไว้ ควรใช้ในการสร้างแถบป้องกัน (guard band) สำหรับการวัดที่เกิดขึ้นในอนาคต ข้อความเกี่ยวกับความเชื่อมั่นทางสถิติสำหรับความกว้างของแถบป้องกันสามารถระบุได้ ถ้ามีเพียง 1 ขั้นตอนทดสอบของการออกแบบเฉพาะสำหรับเครื่องวัด แถบป้องกันสามารถใช้ข้อมูลความผิดพลาดจริงได้

การสร้างแถบป้องกันเพื่อให้มั่นใจว่าการวัดสามารถทนซ้ำได้ ไม่ว่าบริษัทจะถูกทดสอบภายใต้ขีดจำกัดกระแสไฟฟ้าและหรือไม่ เมื่อใช้ในทางดังต่อไปนี้

สำหรับผู้ทำบริษัท ควรรวมแถบป้องกันเข้ากับค่าที่อ่านได้ แล้วเทียบผลรวมกับขีดจำกัด เพื่อให้มั่นใจว่าบริษัทจะระบุค่าเป็นไปตามขีดจำกัดกระแสไฟฟ้าและโดยไม่ถูกปฏิเสธจากห้องปฏิบัติการทดสอบ สำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบ ควรลบแถบป้องกันออกจากค่าที่อ่านได้ แล้วเทียบค่าที่แตกต่างกับขีดจำกัด เพื่อให้มั่นใจว่าห้องปฏิบัติการทดสอบจะไม่ปฏิเสธบริษัทที่เป็นไปตามขีดจำกัดจริง เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับเครื่องวัดที่ใช้โดยห้องปฏิบัติการทดสอบควรมีค่าต่ำเพียงพอที่ปรับให้เหมาะสม โดยความแตกต่างระหว่างค่าขีดจำกัดกับขีดเริ่มเปลี่ยนของผลกระทบทางสรีรวิทยาที่ไม่ต้องการ(ดู IEC 60479-1)

ถ้าจำเป็น แถบป้องกันของวงจรวัดสามารถทำให้แคบลงได้โดย ตัวอย่างเช่น

- การเลือกส่วนประกอบ
- ปรับแต่งค่าของส่วนประกอบโดยต่อขนานส่วนประกอบ 1 ตัว หรือมากกว่า
- ลดความยาวสายนำ และการหักงอของสายนำ (เพื่อลดความเหนียว)
- ลดพื้นที่ของส่วนที่อยู่ใกล้เคียง (เพื่อลดความจุไฟฟ้าควมรวมส่วนประกอบ)

แนะนำให้ผู้ทำบริษัทลดระดับกระแสไฟฟ้าและ การออกแบบบริษัทที่มีระดับกระแสไฟฟ้าใกล้เคียงกับค่าขีดจำกัดกระแสไฟฟ้าและถือว่าข้อปฏิบัติที่ไม่พึงประสงค์ เนื่องจากผลกระทบของเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของส่วนประกอบ การเปลี่ยนตามอายุการใช้งาน และภาวะแวดล้อมของกระแสไฟฟ้าและ เมื่อกระแสไฟฟ้าและจากบริษัทใกล้เคียงกับค่าขีดจำกัด ควรระวังเป็นพิเศษในความเสี่ยงของการวัดและการสอบเทียบของเครื่องทดสอบ ถ้ากระแสไฟฟ้าและไม่ใกล้เคียงกับค่าขีดจำกัด สามารถใช้แถบป้องกันที่กว้างกว่าได้ สำหรับเครื่องวัดที่ใช้โดยผู้ทำ

ข.5 บันทึก

สำหรับแต่ละเครื่องวัด ควรทำบันทึกตามข้อ 4.8 ของ ISO 10012-1 บันทึกเหล่านี้ให้ข้อมูลสำหรับการสอบเทียบครั้งต่อไปในระบบยืนยัน (ดูข้อ ข.6) และเกี่ยวกับข้อจำกัดการใช้งาน

ข.6 ระบบยืนยัน

หมายเหตุ นิยามของการยืนยันทางมาตรวิทยา (เรียกสั้นๆ ว่า “การยืนยัน” ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้) ให้ไว้ในข้อ 3.1 ของ ISO 10012-1

เครื่องวัดที่ใช้สำหรับการรับรองบริษัทควรได้รับการยืนยันความแม่นยำเป็นประจำ (ดูข้อ ฏ.2)

ภาคผนวก ข.

(ข้อแนะนำ)

ส่วนที่ทำได้

ข.1 ส่วนที่ทำได้

ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ใช้หลักการของส่วนที่ทำได้ (ดูภาพสำหรับการใช้วงจรวัดในรูปที่ 5 ในข้อ 5.1.2) ได้กำหนดนิยามไว้ในข้อ 3.4 แต่ไม่มีข้อกำหนดคุณลักษณะที่ชัดเจนเพื่อหาว่าส่วนใดเป็นส่วนที่ทำได้ตามความหมายของนิยามหรือไม่

สำหรับจุดประสงค์ส่วนใหญ่ ประเมินการว่านิยามในข้อ 3.4 เพียงพอ แต่ควรตกลงกันในข้อกำหนดคุณลักษณะ

ยังไม่มีข้อกำหนดคุณลักษณะสำหรับส่วนที่ทำได้ที่ตกลงกันแล้วใน IEC เพื่อช่วยในการศึกษาต่อไปและเป็นเพียงตัวอย่างเท่านั้น ได้ให้ข้อเสนอไว้ในข้อ ข.2 การใช้อุปกรณ์นั้นไม่ได้บังคับในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

ข.2 ตัวอย่างอุปกรณ์ทดสอบ

เพื่อหาว่าส่วนใดเป็นส่วนที่ทำได้หรือไม่ การวัดการแตะต้องถึงได้ให้ทำโดยอุปกรณ์ทดสอบส่วนที่ทำได้ตามรูปที่ ข.1 อุปกรณ์ทดสอบอาจพบได้จากด้านใดก็ได้ ในตำแหน่งใด ๆ ที่มีอาจจับ ถือว่าเป็นส่วนที่ทำได้ถ้าเป็นตามภาวะดังต่อไปนี้

– สำหรับส่วนที่มีมือจับรอบเพื่อกำ

- มีระยะห่างแตะต้องถึงด้วยมืออย่างน้อย 12 มิลลิเมตร ระหว่างส่วนนี้กับส่วนอื่นๆ และ
- มีระยะกว้างอย่างน้อย 60 มิลลิเมตร ที่ยอมให้ความกว้างของมือแตะต้องถึงได้ และ
- ที่ด้านปลายทั้ง 2 ด้านของอุปกรณ์ทดสอบ (ดูรูปที่ ข.1) ต้องชนหรือเกยกัน

– สำหรับชิ้นส่วน เช่น ท่อขนาดใหญ่หรือปุ่มใหญ่ซึ่งมืออาจจะกำได้ไม่ทั้งหมด ให้พันอุปกรณ์ทดสอบตามแนวยาวของส่วนที่ทำได้ โดยมีช่องว่างที่ปลายทั้ง 2 ด้านน้อยกว่า 30 มิลลิเมตร โดยไม่คำนึงถึงชนิดของวัสดุระหว่างช่องว่างด้านปลาย

– ในกรณีที่มีพื้นผิวราบมาเกี่ยวข้อง ระยะข้ามพื้นผิวราบในทิศทางที่นิ้วจับไม่เกิน 100 มิลลิเมตร

ข.3 เหตุผล

ในการกำหนดนิยามและเกณฑ์สำหรับส่วนที่ทำได้ ให้พิจารณาข้อต่อไปนี้

ซ.3.1 อุปกรณ์ทดสอบ

อุปกรณ์ทดสอบส่วนที่ทำได้มีความจำเป็นเพื่อเป็นตัวแทนมือ สำหรับพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ความหนาของมือ ความยาวนิ้วต่ำสุด ความกว้างฝ่ามือต่ำสุด ความกว้างต่ำสุดรวมถึงนิ้วหัวแม่มือ ความยาวฝ่ามือสูงสุด และความยาวรวมทั้งหมด นอกจากนี้ อุปกรณ์ทดสอบควรโค้งงอได้ทั้ง 2 ด้าน เพื่อให้สามารถใช้สำหรับการกำด้วยมือซ้ายและมือขวา

อุปกรณ์ทดสอบในรูปที่ ซ.1 เมื่อทำจากพลาสติกโพลีเอทิลีน หนา 12 มิลลิเมตร ควรเป็นไปตามข้อกำหนดของวัสดุที่พอใช้อย่างเพียงพอ

ซ.3.2 ความยาวสัมผัส

ความยาวสัมผัสต่ำสุด 60 มิลลิเมตร ใกล้เคียงบริเวณฝ่ามือถือว่าเป็นสำหรับการกำโดยไม่ตั้งใจ บุคคลควรดึงมือออกจากส่วนขนาดเล็ก เช่น ขั้วต่อ BNC ได้ ถึงแม้ว่าแรงดันไฟฟ้าที่ส่วนนั้นสามารถทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลสูงกว่าระดับการผละออก

ซ.3.3 ระยะพันรอบ

ระยะพันรอบสูงสุดสำหรับความไม่สามารถในการผละออกถือว่าเป็นความยาวของมือบวกด้วย 30 มิลลิเมตร ชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่จนไม่สามารถใช้แรงในการกำจนผละออกไม่ได้ ไม่ถือว่าเป็นส่วนที่ทำได้

ซ.3.4 พื้นผิวราบ

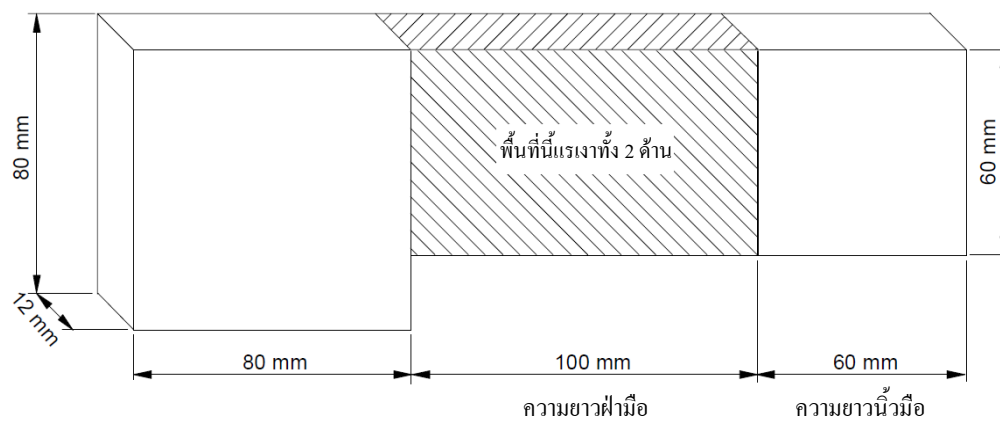
พื้นผิวราบกว้างกว่าความกว้างฝ่ามือ 100 มิลลิเมตร ไม่ถือว่าทำได้ด้วยแรงที่เพียงพอจนผละออกไม่ได้

ซ.3.5 การรวมกันของส่วนต่าง ๆ

เมื่อมีส่วน 2 ส่วนหรือมากกว่าอยู่ด้วยกัน การรวมกันของส่วนต่างๆ สามารถถือได้ว่าเป็นส่วนที่ทำได้ ถ้าเป็นไปตามเกณฑ์ทั้งหมด

ซ.3.6 ส่วนที่แตะต้องถึงได้

ส่วนที่แตะต้องถึงได้ที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์สำหรับส่วนที่ทำได้ให้ถือว่าเป็นพื้นที่แตะขนาดใหญ่ หรือขนาดเล็ก ซึ่งอาจมีระดับกระแสไฟฟ้าแตะสูงขึ้นบ้างเพราะภาวะการผละออกไม่ได้ไม่เกิดขึ้น



วัสดุ: แผ่นพลาสติกโฟมอ่อนหนา 12 มิลลิเมตร

รูปที่ ข.1 อุปกรณ์ทดสอบส่วนที่ทำได้

ภาคผนวก ณ.
(ข้อแนะนำ)
ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ
(ข้อ 5.4)

ณ.1 บทนำ

ใน IEC 60364-3 ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ แบ่งประเภทเป็น TN TT และ IT ขึ้นอยู่กับการจัดวางตัวนำที่รับกระแสไฟฟ้าและวิธีต่อลงดิน ประเภทและรหัสต่างๆ ได้อธิบายไว้ในภาคผนวกนี้ ตัวอย่างของแต่ละประเภทให้ไว้ในรูป โดยโครงแบบการใช้งานอื่นยังคงมีอยู่

ในรูปต่าง ๆ

- ในกรณีส่วนใหญ่ ระบบไฟฟ้ากำลังที่ใช้กับบริภัณฑ์เฟสเดียวและสามเฟส แต่สำหรับรูปอย่างง่ายจะแสดงเฉพาะบริภัณฑ์เฟสเดียวเท่านั้น
- แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าอาจเป็นหม้อแปลงด้านทุติยภูมิ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ หรือระบบกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง
- สำหรับหม้อแปลงภายในอาคารของผู้ใช้ บางรูปสามารถใช้ได้ และขอบเขตอาคารแสดงถึงพื้นของอาคาร
- บางระบบไฟฟ้ากำลังมีจุดต่อลงดินเพิ่ม เช่น ที่จุดทางเข้าไฟฟ้ากำลังของอาคารผู้ใช้ (ดู IEC 60364-4-41, 413.1.3.1 หมายเหตุ 1)

คำนึงถึงแบบของการต่อบริภัณฑ์ดังต่อไปนี้ โดยจำนวนของสายที่อ้างถึงไม่รวมตัวนำที่ใช้ต่อลงดินโดยเฉพาะ

เฟสเดียว 2 สาย

เฟสเดียว 3 สาย

สองเฟส 3 สาย

สามเฟส 3 สาย

สามเฟส 4 สาย

รหัสที่ใช้ในระบบมีความหมายดังต่อไปนี้

- ตัวอักษรตัวแรก: ความสัมพันธ์ของระบบไฟฟ้ากำลังกับดิน
 - T หมายถึง ต่อชั่วหนึ่งลงดินโดยตรง
 - I หมายถึง ระบบแยกจากดิน หรือมีจุดหนึ่งที่ต่อลงดินผ่านอิมพีแดนซ์
- ตัวอักษรที่สอง: การต่อลงดินของบริภัณฑ์
 - T หมายถึง การต่อทางไฟฟ้าของบริภัณฑ์ลงดินโดยตรง และเป็นอิสระจากจุดต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากำลัง
 - N หมายถึง การต่อทางไฟฟ้าของบริภัณฑ์กับจุดต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากำลังโดยตรง (ในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ จุดต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากำลังโดยปกติเป็นจุดกลาง หรือ (ถ้าไม่มีจุดกลาง) ตัวนำเฟส)
- ตัวอักษรต่อมา (ถ้ามี): การจัดเรียงของตัวนำกลางและตัวนำป้องกัน
 - S หมายถึง หน้าที่ป้องกันทำโดยตัวนำที่แยกจากตัวนำกลางหรือตัวนำจากสายดิน (หรือ เฟสที่ต่อลงดินในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ)
 - C หมายถึง รวมหน้าที่การเป็นกลางและการป้องกันอยู่ในตัวนำเส้นเดียว (ตัวนำ PEN)

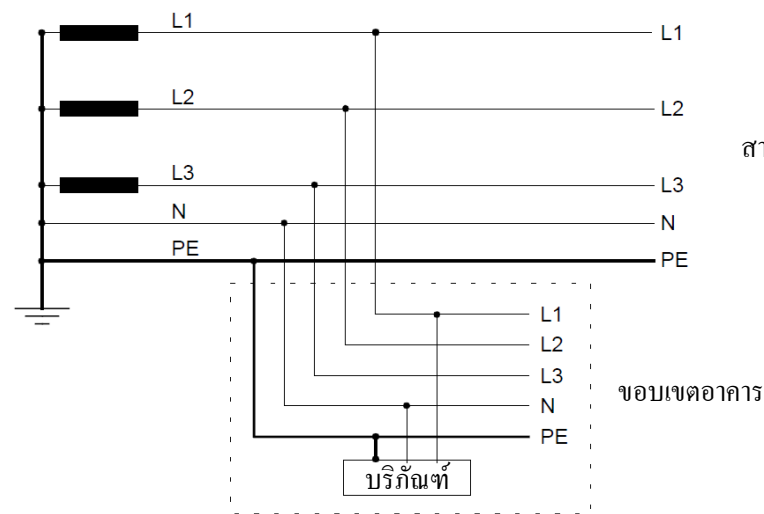
ณ.2 ระบบไฟฟ้ากำลัง TN

ระบบไฟฟ้ากำลัง TN ต่อลงดินโดยตรง ส่วนของบริภัณฑ์ที่ต้องการต่อลงดิน ให้ต่อเข้ากับตัวนำลงดินป้องกัน ระบบไฟฟ้ากำลัง TN ทั้ง 3 แบบ พิจารณาได้ดังนี้

- ระบบไฟฟ้ากำลัง TN-S: ที่ใช้ตัวนำป้องกันแยกตลอดทั้งระบบ
- ระบบไฟฟ้ากำลัง TN-C-S: ที่รวมหน้าที่การเป็นกลางและการป้องกันอยู่ในตัวนำเส้นเดียวในส่วนของระบบ
- ระบบไฟฟ้ากำลัง TN-C: ที่รวมหน้าที่การเป็นกลางและการป้องกันอยู่ในตัวนำเส้นเดียวตลอดทั้งระบบ

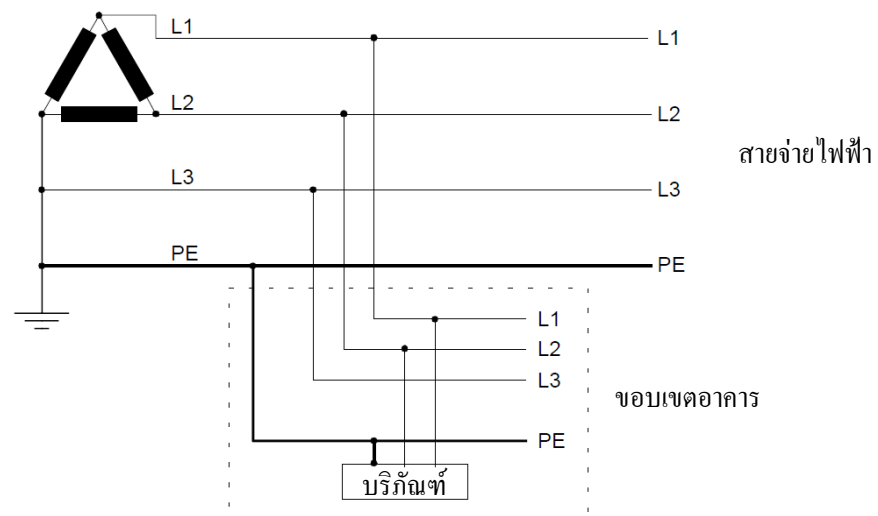
ระบบไฟฟ้ากำลัง TN บางระบบได้รับกำลังไฟฟ้าจากขดลวดด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีจุดต่อแยกกลางต่อลงดิน (neutral) ในกรณีที่มีตัวนำเฟส 2 สาย และตัวนำกลาง ระบบนี้โดยทั่วไปเรียกว่าของระบบไฟฟ้ากำลังเฟสเดียว 3 สาย

แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า



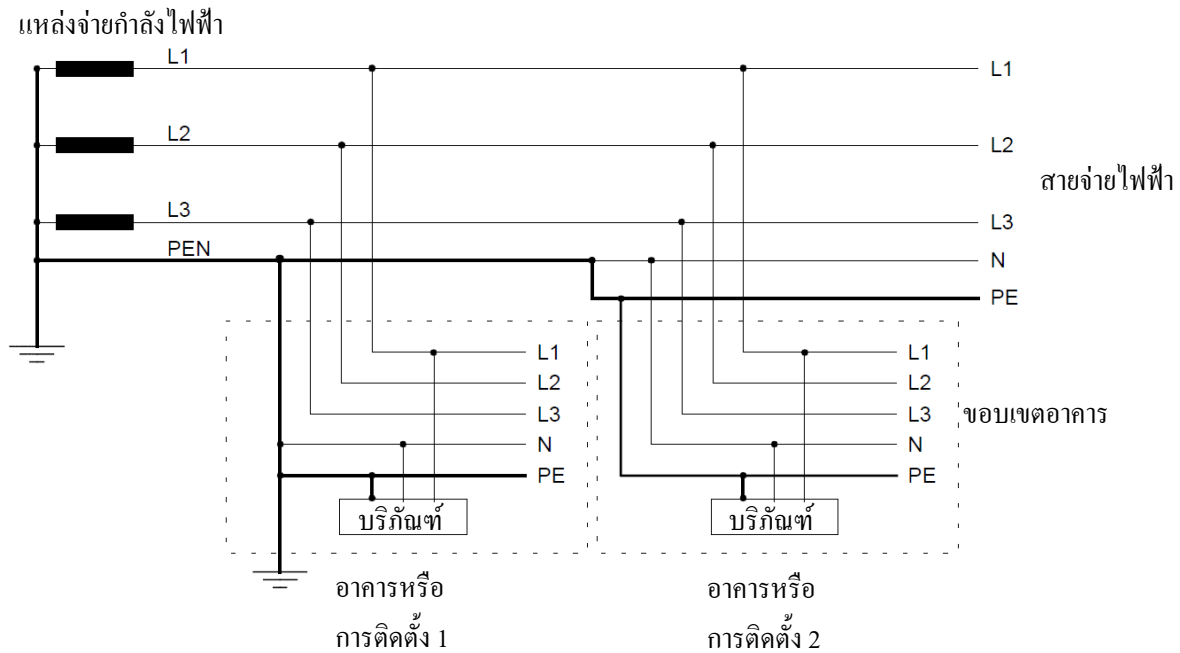
ตัวนำกลางและตัวนำป้องกันแยกกัน

แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า



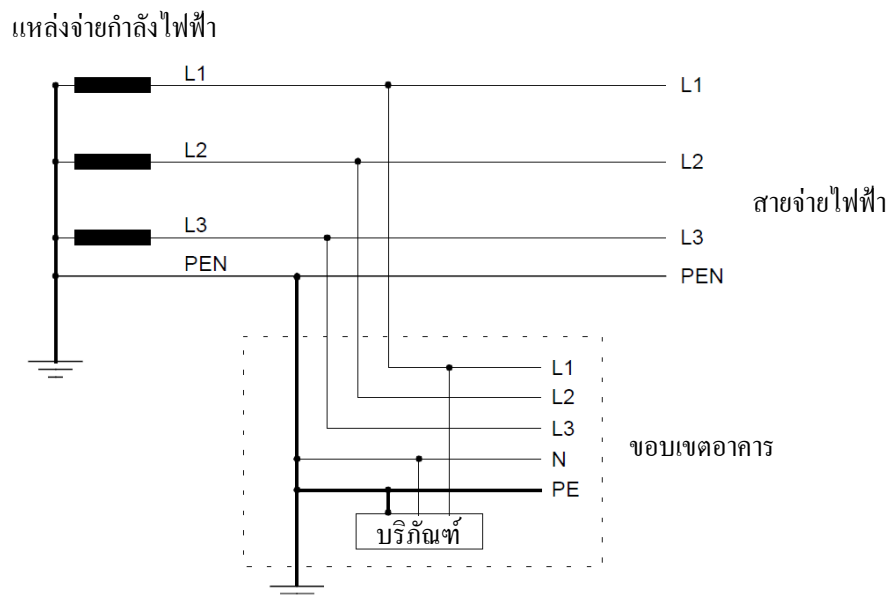
สายตัวนำลงดิน

รูปที่ ๑.1 ตัวอย่างของระบบไฟฟ้ากำลัง TN-S



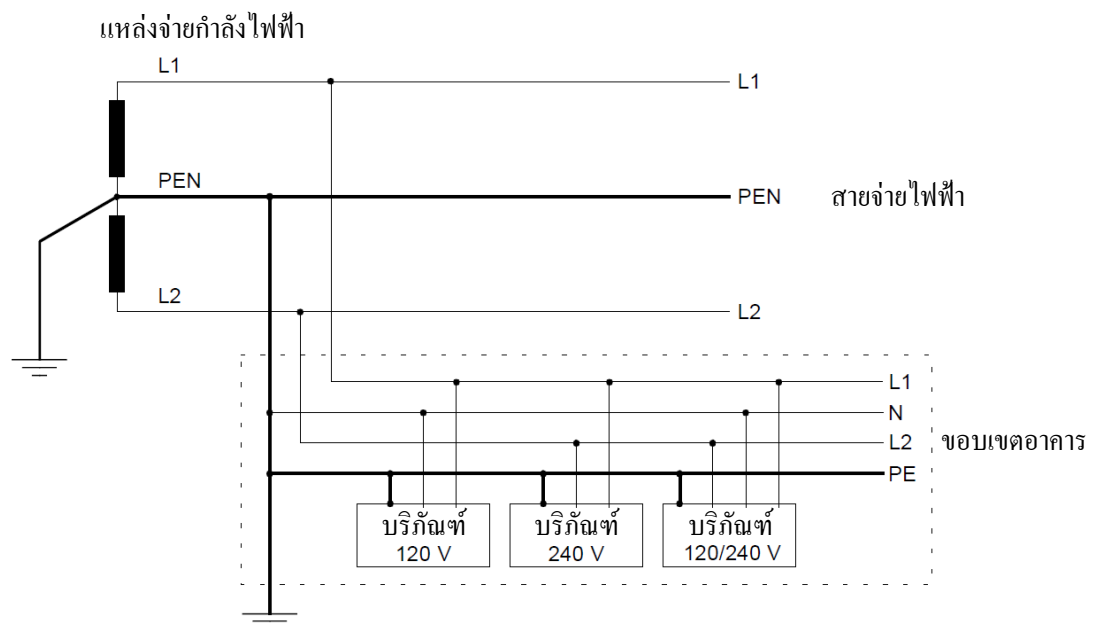
หมายเหตุ จุดที่ตัวนำ PEN แยกเป็นตัวนำลงดินป้องกันและตัวนำกลางอาจอยู่ที่จุดรับไฟฟ้าของอาคารหรือที่แผงจ่ายไฟฟ้าภายในอาคาร

รูปที่ ๓.2 ตัวอย่างของระบบไฟฟ้ากำลัง TN-C-S



รวมหน้าที่การเป็นกลางและการป้องกันอยู่ในตัวนำเส้นเดียว (PEN)

รูปที่ ๓.3 ตัวอย่างของระบบไฟฟ้ากำลัง TN-C



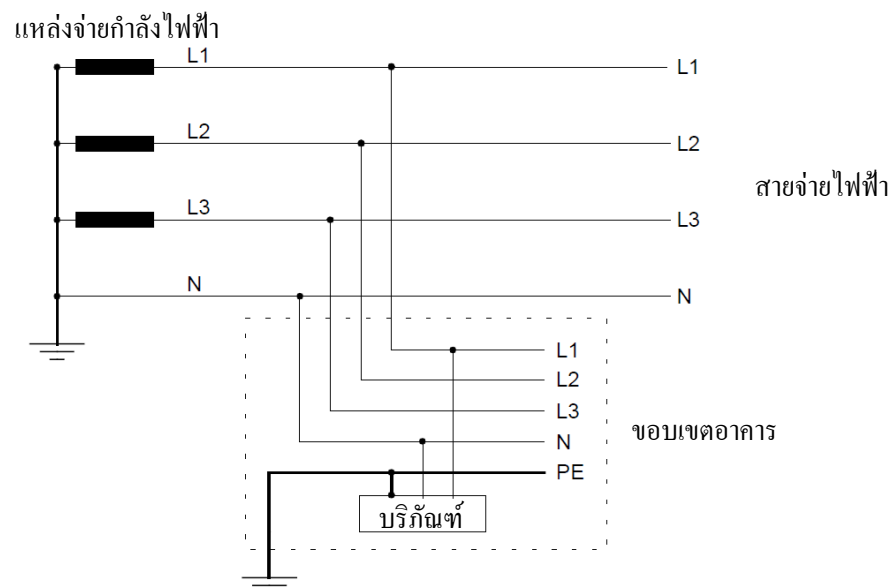
รวมหน้าที่การเป็นกลางและการป้องกันอยู่ในตัวนำเส้นเดียว (PEN)

ระบบนี้ใช้อย่างแพร่หลายในอเมริกาเหนือที่ 120/240 โวลต์

รูปที่ ๓.4 ตัวอย่างของระบบไฟฟ้ากำลัง TN-C เฟสเดียว 3 สาย

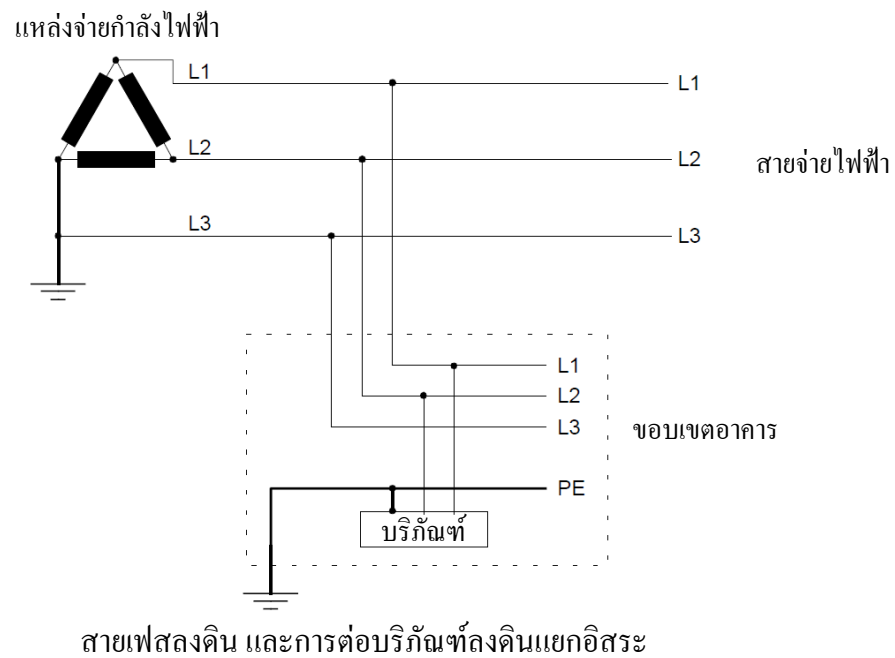
๓.3 ระบบไฟฟ้ากำลัง TT

ระบบไฟฟ้ากำลัง TT มีจุดหนึ่งต่อลงดินโดยตรง ส่วนของบริภัณฑ์ที่ต้องการต่อลงดิน ให้ต่อในสถานที่ของผู้ใช้เข้ากับหลักดินที่เป็นอิสระทางไฟฟ้าจากหลักดินของระบบจ่ายไฟฟ้ากำลัง



สายกลางลงดิน และการต่อบริภัณฑ์ลงดินแยกอิสระ

รูปที่ ๓.5 ตัวอย่างของระบบไฟฟ้ากำลัง TT แบบ 3 สายและสายกลาง

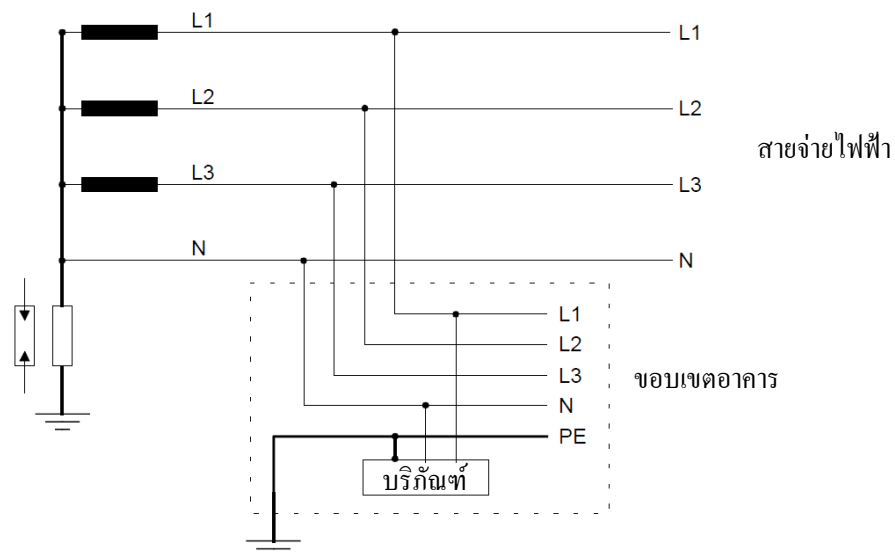


รูปที่ ๓.๖ ตัวอย่างของระบบไฟฟ้ากำลัง TT แบบ 3 สาย

๓.๔ ระบบไฟฟ้ากำลัง IT

ระบบไฟฟ้ากำลัง IT แยกจากดิน ยกเว้นอาจมีจุดหนึ่งที่ต่อลงดินผ่านอิมพีแดนซ์หรือตัวจำกัดแรงดันไฟฟ้า ส่วนของบริภัณฑ์ที่ต้องการต่อลงดิน ให้ต่อเข้ากับหลักดินในสถานที่ของผู้ใช้

แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

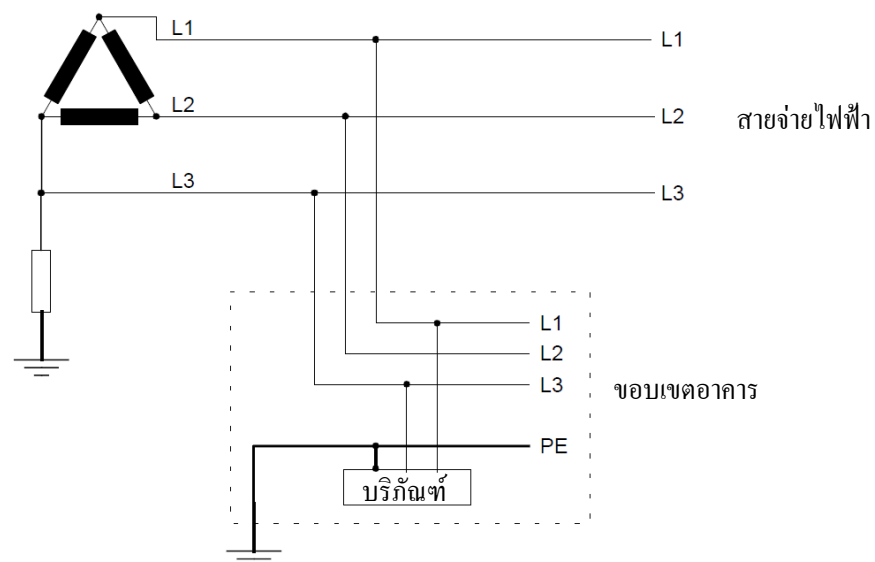


สายกลางอาจต่อลงดินผ่านอิมพีแดนซ์หรือตัวจำกัดแรงดันไฟฟ้า หรือแยกจากดิน

ระบบนี้ใช้กันอย่างแพร่หลายโดยแยกจากดิน ในฝรั่งเศสบางการติดตั้ง ใช้อิมพีแดนซ์ลงดิน ที่ 230/400 โวลต์ และในนอร์เวย์ ใช้ตัวจำกัดแรงดันไฟฟ้า ไม่มีสายกลาง ที่ 230 โวลต์ ระหว่างเฟสกับเฟส

รูปที่ ๗.7 ตัวอย่างของระบบไฟฟ้ากำลัง IT แบบ 3 สาย (และสายกลาง)

แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า



ระบบอาจแยกจากดิน

รูปที่ ๗.8 ตัวอย่างของระบบไฟฟ้ากำลัง IT แบบ 3 สาย

ภาคผนวก ญ.

(ข้อแนะนำ)

การทดสอบกระแสไฟฟ้าตะแบบเป็นคาบและแบบประจำ**และการทดสอบหลังจากซ่อมแซมหรือปรับเปลี่ยนบริษัทที่ทำงานด้วยแรงดันไฟฟ้าประธาน**

ภาคผนวกนี้กำหนดวิธีและขั้นตอนการทดสอบซึ่งเป็นการทวนสอบซ้ำกระแสไฟฟ้าตะตามข้อกำหนดการออกแบบจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ ในระหว่างการผลิต (การทดสอบประจำ) หลังจากการซ่อมแซมหรือการปรับเปลี่ยน และในคาบเวลาระหว่างการใช้งาน

วัตถุประสงค์เพื่อให้มีการทดสอบโดยช่างเทคนิคหรือบุคคลอื่นที่ผ่านการสอนงาน โดยใช้ขั้นตอนอย่างง่ายที่มีความแม่นยำเพียงพอ ผลการวัดสามารถวัดความได้ง่าย เครื่องวัดควรเป็นแบบประหยัดและใช้งานได้ง่ายภายใต้ภาวะการทำงานจริง

วิธีการ

การทดสอบให้ทำโดยใช้ขั้นตอนตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ด้วยวงจรในรูปที่ 4 การทดสอบกระทำภายใต้สภาพแวดล้อมของสถานที่ทำงานหรือที่ตั้งโรงงานที่เหมาะสม

ให้ทดสอบบริษัทที่มีโครงการใช้งานให้สามารถทำงานได้โดยเอกเทศ โดยไม่มีการต่อภายนอกยกเว้นกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธาน

วัดค่ากระแสไฟฟ้าตะ และค่าที่ได้ต้องมีค่าเท่ากับหรือต่ำกว่าขีดจำกัดที่กำหนดไว้ในมาตรฐานบริษัทดังต่อไปนี้

- ถ้าให้ขีดจำกัดเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ให้วัดกระแสตรงและเปรียบเทียบกับขีดจำกัด
- ถ้าให้ขีดจำกัดเป็นกระแสไฟฟ้าฟลัก ให้วัดกระแสอาร์เอ็มเอสและคูณด้วย 1.414 และเปรียบเทียบกับขีดจำกัดฟลัก
- ถ้าให้ขีดจำกัดเป็นกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส ให้วัดค่ากระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอสและเปรียบเทียบกับขีดจำกัดอาร์เอ็มเอส

ไม่ต้องทดสอบกระแสไฟฟ้าของการไหม้ไฟฟ้า

ภาคผนวก ก.

(ข้อกำหนด)

สมรรถนะและการสอบเทียบ

ก.1 สมรรถนะของวงจรหรือเครื่องวัด และการสอบเทียบเริ่มต้น

อัตราส่วนในการวัดของแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าต่อกระแสไฟฟ้าด้านเข้าที่วัดได้ (อิมพีแดนซ์ด้านเข้า) และแรงดันไฟฟ้าด้านออกต่อกระแสไฟฟ้าด้านเข้าที่วัดได้ (อิมพีแดนซ์ถ่ายโอน หรือการตอบสนองของวงจร) เปรียบเทียบกับค่าทางอุดมคติที่คำนวณได้จากค่าระบุของส่วนประกอบที่กำหนดไว้ในรูปที่ 3 รูปที่ 4 และรูปที่ 5 ให้ระมัดระวังในการจัดวางวงจรบริษัททดสอบในลักษณะที่ความจุไฟฟ้าควมรวม ความเหนี่ยวนำของสายนำ และลักษณะเฉพาะของเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้าไม่มีผลที่มีนัยสำคัญต่ออัตราส่วนแรงดันไฟฟ้า-กระแสไฟฟ้า

กำหนดให้มีแถบป้องกันที่ระบุถึงความไม่แน่นอนในการวัดที่ความถี่ต่าง ๆ สำหรับเครื่องวัดแต่ละเครื่อง สมรรถนะของวงจรวัดสามารถปรับได้ (ถ้าจำเป็น) เพื่อให้แถบป้องกันแคบลง

หมายเหตุ 1 นิยามของความไม่แน่นอนในการวัดให้ไว้ใน ISO 10012-1 ข้อ 3.7

หมายเหตุ 2 คำแนะนำในการปรับสมรรถนะของวงจรวัดให้ไว้ข้อ 4

ให้ตรวจสอบสมรรถนะของวงจรวัด โดยป้อนกระแสไฟฟ้ารูปคลื่นไซน์ชอยด์ที่ปรับค่าความถี่ได้ไหลผ่านด้านเข้าของเครื่องวัด ขั้วต่อทดสอบ A และ B ในรูปที่ 3 รูปที่ 4 และรูปที่ 5 ให้วัดกระแสไฟฟ้าด้านเข้า (I) แรงดันไฟฟ้าด้านเข้า (U) และแรงดันไฟฟ้าด้านออก (U_1 , U_2 และ U_3) ที่ความถี่ต่างๆ ถ้าเป็นไปได้ ให้วัดแรงดันไฟฟ้าด้านออกด้วยโวลต์มิเตอร์เครื่องเดียวกับที่ใช้ในระหว่างการวัดทั้งหมดกับบริษัทสำหรับจุดประสงค์ในการรับรองผลิตภัณฑ์ และสำหรับขั้นตอนการยืนยันทั้งหมด (ดูข้อ ก.2)

ตารางที่ ฎ.1 อิมพีแดนซ์ด้านเข้าและอิมพีแดนซ์ถ่ายโอนที่คำนวณได้
สำหรับวงจรวัดกระแสไฟฟ้าและไม่ถ่วงน้ำหนัก (รูปที่ 3)

ความถี่ Hz	อิมพีแดนซ์ด้านเข้า U/I	อิมพีแดนซ์ถ่ายโอน U_1/I
20	1 998	500
50	1 990	500
60	1 986	500
100	1 961	500
200	1 857	500
500	1 434	500
1 000	979	500
2 000	675	500
5 000	533	500
10 000	509	500
20 000	502	500
50 000	500	500
100 000	500	500
200 000	500	500
500 000	500	500
1 000 000	500	500

ตารางที่ ฎ.2 อิมพีแดนซ์ด้านเข้าและอิมพีแดนซ์ถ่ายโอนที่คำนวณได้
สำหรับวงจรวัดกระแสไฟฟ้าและการรับรู้หรือการโต้ตอบ (รูปที่ 4)

ความถี่ Hz	อิมพีแดนซ์ด้านเข้า U/I	อิมพีแดนซ์ถ่ายโอน U_2/I
20	1 998	500
50	1 990	499
60	1 986	498
100	1 961	495
200	1 857	480
500	1 433	405
1 000	973	284
2 000	661	162.9
5 000	512	68.3
10 000	485	34.4
20 000	479	17.21
50 000	477	6.89
100 000	476	3.45
200 000	476	1.722
500 000	476	0.689
1 000 000	476	0.345

ตารางที่ ฎ.3 อิมพีแดนซ์ด้านเข้าและอิมพีแดนซ์ถ่ายโอนที่คำนวณได้
สำหรับวงจรวัดกระแสไฟฟ้าการผล่อ (รูปที่ 5)

ความถี่ Hz	อิมพีแดนซ์ด้านเข้า U/I	อิมพีแดนซ์ถ่ายโอน U_3/I
20	1 998	500
50	1 990	499
60	1 986	499
100	1 961	496
200	1 858	484
500	1 434	427
1 000	976	340
2 000	667	251
5 000	515	144.3
10 000	487	79.9
20 000	479	41.2
50 000	477	16.63
100 000	476	8.32
200 000	476	4.16
500 000	476	1.666
1 000 000	476	0.833

ฎ.2 การสอบเทียบในระบบยืนยัน

หมายเหตุ นิยามของการยืนยันทางมาตรวิทยา (เรียกสั้นๆ ว่า “การยืนยัน” ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้) ให้ไว้ในข้อ 3.1 ของ ISO 10012-1

เครื่องวัดแต่ละเครื่องที่ใช้เพื่อการยอมรับสำหรับจุดประสงค์ในการรับรองบริษัทต้องสอบเทียบเป็นประจำในระบบการยืนยันตาม ISO 10012-1 เพื่อให้มั่นใจว่าค่าของสมรรถนะบริษัทไม่เคลื่อนออกนอกขีดจำกัดของความผิดพลาดที่ยอมให้เกิดขึ้น จำเป็นต้องมีการอ้างอิงแถบป้องกันและข้อมูลอื่นที่บันทึกไว้ของเครื่องวัดเฉพาะที่ได้ในการสอบเทียบเริ่มต้น (ดูข้อ ฎ.1)

ถ้าเครื่องวัดเฉพาะมีการเคลื่อนออกจากขีดจำกัดที่ยอมให้เกิดขึ้น ผลการวัดที่ทำกับบริษัทด้วยเครื่องวัดนั้นตั้งแต่การสอบเทียบยืนยันครั้งสุดท้ายต้องทบทวนเพื่อตรวจสอบความใช้ได้

การสอบเทียบในระบบการยืนยันให้ทำ 2 ชั้น

ฎ.2.1 การวัดความต้านทานด้านเข้า

ให้วัดความต้านทานด้านเข้ากระแสตรง และตรวจสอบค่านี้เทียบกับค่าตามอุดมคติ (2 000 โอห์ม) และค่าที่ได้จากการสอบเทียบเริ่มต้น

หมายเหตุ การวัดนี้ป้องกันความเป็นไปได้ที่อิมพีแดนซ์ด้านเข้าจะเลื่อน (shift) ในเวลาเดียวกันกับการเลื่อนของการตอบสนองของเครื่องวัด เป็นผลให้การวัดมีความผิดพลาดเพิ่มขึ้นหรือหักล้างกัน

ฉ.2.2 การวัดสมรรถนะเครื่องวัด

ให้วัดแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าและแรงดันไฟฟ้าด้านออก (หรือมิลลิแอมแปร์ที่ระบุบนมิเตอร์) ที่ความถี่ต่างๆ และให้เปรียบเทียบอัตราส่วนกับข้อมูลในตารางที่ ฎ.4 ตารางที่ ฎ.5 หรือตารางที่ ฎ.6 ตามความเหมาะสม ถ้าเป็นไปได้ให้วัดแรงดันไฟฟ้าด้านออกด้วยโวลต์มิเตอร์เครื่องเดียวกับที่ใช้ในการสอบเทียบเริ่มต้นและในการวัดทั้งหมดกับบรรทัดสำหรับจุดประสงค์เพื่อการรับรองผลิตภัณฑ์ การวัดที่ความถี่ 2-3 ความถี่ในพิสัยที่สนใจถือว่าเพียงพอ แรงดันไฟฟ้าด้านเข้าที่ใช้ควรทำให้เกิดค่าด้านออกซึ่งอยู่ในพิสัยของค่าขีดจำกัดกระแสไฟฟ้าและที่เจตนาให้วัดโดยเครื่องวัด โดยต้องตรวจสอบพิสัยกำลังไฟฟ้าของส่วนประกอบภายใน

หมายเหตุ ตารางที่ ฎ.4 ตารางที่ ฎ.5 และตารางที่ ฎ.6 ได้จากตารางที่ ฎ.1 ตารางที่ ฎ.2 และตารางที่ ฎ.3 ตามลำดับ แต่ ข้อมูลที่แสดงได้หลีกเลี่ยงความจำเป็นที่จะวัดกระแสไฟฟ้าด้านเข้าที่ความถี่สูง เพื่อให้ขั้นตอนการยืนยันง่ายขึ้น

**ตารางที่ ฎ.4 อัตราส่วนแรงดันไฟฟ้าด้านออกต่อแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า
สำหรับวงจรวัดกระแสไฟฟ้าและไม่ถ่วงน้ำหนัก (รูปที่ 3)**

ความถี่ Hz	อัตราส่วนแรงดันไฟฟ้าด้าน ออกต่อแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า	อัตราส่วนแรงดันไฟฟ้าด้าน เข้าต่อแรงดันไฟฟ้าด้านออก	การระบุแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า ต่อมิลลิแอมแปร์
20	0.250	4.00	2.00
50	0.251	3.98	1.99
60	0.252	3.97	1.99
100	0.255	3.92	1.96
200	0.269	3.72	1.86
500	0.349	2.87	1.43
1 000	0.511	1.96	0.979
2 000	0.740	1.35	0.675
5 000	0.937	1.07	0.533
10 000	0.983	1.02	0.509
20 000	0.996	1.00	0.502
50 000	0.999	1.00	0.500
100 000	1.00	1.00	0.500
200 000	1.00	1.00	0.500
500 000	1.00	1.00	0.500
1 000 000	1.00	1.00	0.500

ตารางที่ ๕.5 อัตราส่วนแรงดันไฟฟ้าด้านออกต่อแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า
สำหรับวงจรวัดการรับรู้และการโต้ตอบ (รูปที่ 4)

ความถี่ Hz	อัตราส่วนแรงดันไฟฟ้าด้าน ออกต่อแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า	อัตราส่วนแรงดันไฟฟ้าด้าน เข้าต่อแรงดันไฟฟ้าด้านออก	การระบุแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า ต่อมิลลิแอมแปร์
20	0.250	4.00	2.00
50	0.251	3.99	2.00
60	0.251	3.99	1.99
100	0.252	3.96	1.98
200	0.259	3.87	1.93
500	0.282	3.54	1.77
1 000	0.292	3.43	1.71
2 000	0.246	4.06	2.03
5 000	0.133	7.50	3.75
10 000	0.0708	14.1	7.06
20 000	0.0360	27.8	13.9
50 000	0.0145	69.2	34.6
100 000	0.00723	138	69.1
200 000	0.00362	277	138
500 000	0.00145	691	346
1 000 000	0.000723	1382	691

ตารางที่ ๕.6 อัตราส่วนแรงดันไฟฟ้าด้านออกต่อแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าสำหรับวงจรวัดการผลออก (รูปที่ 5)

ความถี่ Hz	อัตราส่วนแรงดันไฟฟ้าด้าน ออกต่อแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า	อัตราส่วนแรงดันไฟฟ้าด้าน เข้าต่อแรงดันไฟฟ้าด้านออก	การระบุแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า ต่อมิลลิแอมแปร์
20	0.250	4.00	2.00
50	0.251	3.99	1.99
60	0.251	3.98	1.99
100	0.253	3.95	1.98
200	0.261	3.83	1.92
500	0.298	3.36	1.68
1 000	0.348	2.87	1.44
2 000	0.377	2.65	1.33
5 000	0.280	3.57	1.79
10 000	0.164	6.09	3.04
20 000	0.0860	11.6	5.81
50 000	0.0349	28.7	14.3
100 000	0.0175	57.2	28.6
200 000	0.00874	114	57.2
500 000	0.00350	286	143
1 000 000	0.00175	572	286

ภาคผนวก ก.

(ข้อแนะนำ)

บรรณานุกรม

IEC 60065:1998, *Audio, video and similar electronic apparatus – Safety requirements*

IEC 60335-1:1976, *Safety of household and similar electrical appliances – Part 1: General requirements*

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

IEC 60601-1:1988, *Medical electrical equipment – Part 1: General requirements for safety*

IEC 60950:1991, *Safety of information technology equipment, including electrical business equipment*

IEC 61010-1:1990, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use – Part 1: General requirements*

ISO 10012-1:1992, *Quality assurance requirements for measuring equipment – Part 1: Metrological confirmation system for measuring equipment*

เอกสารอื่น:

Becker, Malhotra and Hedley-Whyte: *The distribution of radiofrequency current and burns*, *Anesthesiology*, Vol. 38, No. 2, Feb. 1973: 106-22

Biegelmeier and Miksch: *Über den Einfluss der Haut auf die Körper – Impedanz des Menschen*, *E.u.M.*, Vol. 97, Heft 9, Sept. 1980, Österreich

Bridges, Ford, Sherman and Vainberg: *Electrical Shock Safety Criteria*. Pergamon, New York, 1985

Dalziel and Mansfield: *Effect of frequency on perception currents*, *AIEE Transactions*, Vol. 69, Part II, 1950: 1162-1168

Freiberger: *Der elektrische Widerstand des menschlichen Körpers gegen technischen Gleichund Wechselstrom*, Verlag Julius Springer, Berlin, 1934

Geddes, Leslie A., editor: *Handbook of Electrical Hazards and Accidents*, CRC Press, 1995. ISBN 0-8493-9431-7

Reilly: *Electrical Stimulation and Electropathology*, Cambridge University Press, 1992

Wagner: *Über die Diagnostik von Stromeintrittsstellen auf der menschlichen Haut*, Dissertation Universität Erlangen, 1961