คุณสุวิทย์ ศรีสุข

เล่าเท่าที่รู้...

อนาคตจะมีอุปกรณ์ปลดวงจรกระแสเหลือ Residual current devices : RCD-DC

ขอเล่าเท่าที่รู้...วันนี้มีความยินดีที่จักได้นำผลงานเขียนของ**อาจารย์สตานิสลอว์ แซปป์** แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีกดานสค์ โปแลนด์ ด้วยบทความวิชาการ **“Stanislaw Czapp, Residual current devices in electric vehicles charging installations, Gdansk University of Technology, Article in PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY, February 2024.”** ซึ่งงานชิ้นเป็นการอ่านทำความเข้าใจเท่าที่พอทำได้ นำเสนอเรียบเรียงเป็นภาษาไทย เพื่อนำเสนอว่า ใน**อนาคตจักได้มีอุปกรณ์ปลดวงจรกระแสเหลือ Residual current devices : RCD** ที่สามารถตรวจจับกระแสเหลือชนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบเรียบ ซึ่งมีค่าสูงกว่า 6 mA ในระบบการชาร์จบางระบบที่ปัจจุบันยังไม่เป็นที่นิยมในตลาด

ในประเทศไทยมีการกำหนด เกี่ยวกับการป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรในการติดตั้งการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า โดยมีข้อสังเกตว่า มาตรฐานกำหนดให้มีการใช้ RCD ที่มีความเหมาะสมกับประเภทของการปลดวงจร เนื่องจากการเกิดลัดวงจรลงดินในวงจรชาร์จ ซึ่งทำให้เกิดกระแสไฟฟ้ากระแสตรง ที่มีค่าที่มีนัยสำคัญระบุสำหรับ RCD ชนิดใหม่ ในอนาคตซึ่งต้องติดตั้ง DC-Residual current devices : DC-RCD

จำนวนรถยนต์ไฟฟ้า (EV) บนท้องถนนของหลายประเทศ รวมถึงประเทศไทย ได้เพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา การเพิ่มจำนวนยานพาหนะเหล่านี้มีส่วนช่วยในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานการชาร์จยานพาหนะที่มีระบบไฟฟ้า มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนสามารถแบ่งได้ 4 ประเภท ดังนี้

BEV (Battery Electric Vehicle) • รถยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าเต็มรูปแบบ โดยไม่มีเครื่องยนต์สันดาปภายใน มอเตอร์ไฟฟ้าใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ที่ชาร์จจากการติดตั้งระบบไฟฟ้าภายนอก เช่น จุดชาร์จ ซึ่ง

ติดตั้งที่บ้าน หรือ สถานีชาร์จเฉพาะ

PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) • ยานพาหนะที่ติดตั้งทั้งเครื่องยนต์สันดาปภายใน และมอเตอร์ไฟฟ้าเสริม สามารถเคลื่อนที่ในโหมดไฮบริด โดยการเลือกขับเคลื่อนระหว่างเครื่องยนต์สันดาปภายใน หรือ มอเตอร์ไฟฟ้าอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น แบตเตอรี่ที่ให้พลังงานไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ สามารถชาร์จได้จาก การติดตั้งระบบไฟฟ้าภายนอก เช่น จุดชาร์จซึ่งติดตั้งที่บ้าน หรือ สถานีชาร์จเฉพาะ เช่นเดียวกับประเภท BEV

HEV (Hybrid Electric Vehicle) • ยานพาหนะที่ติดตั้งทั้งมอเตอร์ไฟฟ้าและเครื่องยนต์สันดาปภายใน แบตเตอรี่ที่จ่ายไฟให้กับมอเตอร์ไฟฟ้าไม่สามารถชาร์จจากการติดตั้งระบบไฟฟ้าภายนอกได้ และพลังงานสำหรับการชาร์จนั้นมาจากระบบที่ขับเคลื่อนโดยเครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นหลักและจะถูกกู้คืนเมื่อรถเบรก

FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle) • ยานพาหนะที่ติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนด้วยเซลล์เชื้อเพลิง ไฮโดรเจนจะถูกเติมเชื้อเพลิงจากถังภายนอกซึ่งทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ผลิตกระแสไฟฟ้า รถคันนี้ไม่สามารถชาร์จจากการติดตั้งระบบไฟฟ้าภายนอกได้

ดังนั้น การติดตั้งระบบไฟฟ้าภายนอก เพื่อชาร์จสามารถใช้ได้กับรถยนต์ประเภท BEV และ PHEV เท่านั้น โดยการชาร์จสามารถแบ่งโหมดการชาร์จสำหรับยานพาหนะทั้งสองประเภทเป็น 4 โหมด ดังนี้

โหมด 1 • รถยนต์เชื่อมต่อกับการติดตั้งไฟฟ้ากระแสสลับโดยใช้ปลั๊กไฟแบบเฟสเดียว (ขนาด 230 โวลต์) หรือสามเฟส (ขนาด 400 โวลต์) โดยมีกระแสไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 16 A วงจรจ่ายไฟของยานพาหนะควรประกอบด้วยตัวนำไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าและตัวนำต่อลงดิน ดังนั้น จึงไม่สามารถใช้ได้กับระบบ TN-C โหมดการชาร์จนี้ใช้เพื่อชาร์จ EV ที่บ้านโดยเฉพาะ การติดตั้งวงจรที่จ่ายไฟให้กับช่องชาร์จจักต้องป้องกันโดย RCD สำหรับประเทศไทยไม่อนุญาตให้ใช้โหมดนี้

โหมด 2 • รถยนต์เชื่อมต่อกับการติดตั้งไฟฟ้ากระแสสลับโดยใช้ปลั๊กไฟแบบเฟสเดียว (ขนาด 230 โวลต์) หรือสามเฟส (ขนาด 400 โวลต์) โดยมีกระแสไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 32 A วงจรจ่ายไฟของยานพาหนะควรประกอบด้วยตัวนำไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าและตัวนำต่อลงดิน และระบบควบคุมตลอดจนอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร (RCD) หรือเป็นอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยโดยมีฟังก์ชั่นที่เตรียมพร้อมไว้เพื่อควบคุมการชาร์จไฟให้กับแบตเตอรี่ของรถยนต์ โดยปกติการควบคุมและป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรจะเป็นความรับผิดชอบของอุปกรณ์ควบคุมและป้องกัน ที่เรียกว่า **IC-CPD (In-Cable Control and Protection Device)** เป็นอุปกรณ์ควบคุมและป้องกันในสายเคเบิลซึ่งรวมเข้ากับสายเคเบิล ในโหมดการชาร์จนี้จะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด 22 kW

โหมด 3 • รถยนต์เชื่อมต่อกับจุดชาร์จไฟฟ้ากระแสสลับ ผ่านอุปกรณ์ที่เตรียมไว้เฉพาะ ซึ่งทำให้มั่นใจได้ถึงการสื่อสารระหว่างจุดชาร์จและรถยนต์ โดยจุดชาร์จจักเตรียมแรงดันไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้กับรถยนต์เท่านั้น ซึ่งรถยนต์ต้องทำหน้าที่สื่อสารที่เหมาะสมระหว่างจุดชาร์จกับรถยนต์ เพื่อความปลอดภัยและการควบคุมการชาร์จ

โหมด 4 • รถยนต์เชื่อมต่อกับจุดชาร์จไฟฟ้ากระแสตรง ผ่านอุปกรณ์ที่เตรียมไว้เฉพาะ โดยจุดชาร์จจักเตรียมแรงดันไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้กับรถยนต์เท่านั้น การชาร์จสามารถทำได้โดยใช้กำลังไฟฟ้าที่สูงมาก (อาจถึงหลายร้อยกิโลวัตต์) ในโหมดนี้สามารถมั่นใจได้ถึงการสื่อสารระหว่างจุดชาร์จและรถยนต์ ซึ่งรถยนต์ต้องทำหน้าที่สื่อสารที่เหมาะสมระหว่างจุดชาร์จกับรถยนต์ เพื่อความปลอดภัยและการควบคุมการชาร์จ

ข้อกำหนดทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐานการชาร์จสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าส่วนใหญ่เป็นไปตามข้อกำหนด มาตรฐานที่สำคัญที่สุดเกี่ยวกับการออกแบบการติดตั้งระบบไฟฟ้า โดยเฉพาะในด้านการป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรและการใช้ RCD ได้แก่ PN-HD 60364-4-41 และ PN-HD 60364-7-722 การศึกษานี้กล่าวถึงข้อกำหนดที่สำคัญที่สุดเกี่ยวกับการป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรในการติดตั้งการชาร์จ EV และการใช้ RCD

หลักการทั่วไปในการป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร

กฎพื้นฐานเกี่ยวกับความปลอดภัยในการใช้งาน การซ่อมแซม และดัดแปลงสถานีชาร์จและจุดชาร์จให้ปลอดภัย แลทันสมัย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างพื้นฐานของการชาร์จ สำหรับรถยนต์ไฟฟ้าที่มีอยู่ในข้อกำหนด

ข้อกำหนดทั่วไปได้แสดงไว้ว่า สถานีชาร์จและจุดชาร์จต้องติดตั้งอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันกระแสไฟฟ้าลัดวงจร โดยอย่างน้อยต้องมีดังต่อไปนี้

1. สวิตช์ประธานตัดการเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟไปยังวงจรทั้งหมด
2. RCD ในกรณีจ่ายไฟจากการติดตั้งไฟฟ้ากระแสสลับ
3. อุปกรณ์การป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน

ข้อกำหนดทั่วไปได้แสดงไว้อีกว่า องค์ประกอบสำคัญของการติดตั้งเพื่อการชาร์จคือ RCD อย่างไรก็ตามข้อบังคับ ไม่ได้ระบุสำหรับกระแสไฟฟ้าเหลือที่กำหนดให้เป็นกระแสปลดวงจร หรือประเภทของ RCD (AC, A, F หรือ B) ที่ต้องการ สำหรับประเทศไทยขอให้ตรวจสอบกับข้อกำหนดที่ประกาศใช้แล้วอย่างเคร่งครัดเพื่อไม่มีปัญหาการขออนุญาต แลการส่งมอบความปลอดภัยต่อผู้ใช้ในประเทศไทย

ข้อกำหนดทั่วไป ยังกำหนดให้ผู้ติดตั้งต้องตรวจสอบซึ่งรวมถึงการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งระบบไฟฟ้าดังต่อไปนี้

1. การวัดความต่อเนื่องของตัวนำป้องกัน รวมถึงตัวนำประธาน และตัวนำประสานศักย์

2. การวัดความต่อเนื่องของตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าเมื่อมีวงจรย่อย
3. การวัดความต้านทานของฉนวนของตัวนำที่วัดระหว่างตัวนำที่มีไฟฟ้า และระหว่างตัวนำที่มีไฟฟ้ากับตัวนำต่อสายดิน
4. การวัดความต้านทานดินของหลักดิน (ถ้ามี)
5. การตรวจสอบการทำงานของ RCD
6. การวัดอื่นๆ ที่จำเป็นเพื่อประเมินประสิทธิผลของการป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร

มาตรการป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรและข้อกำหนดโดยละเอียดอื่นๆ ระบุไว้ในมาตรฐาน PN-HD 60364-7-722 จากชุดมาตรการทั้งหมดที่ระบุไว้ในมาตรฐาน PN-HD 60364-4-41 PN-HD 60364-7-722 หากใช้ระบบ TN ควรใช้ระบบย่อย TN-S แลให้ใช้การวัดตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1

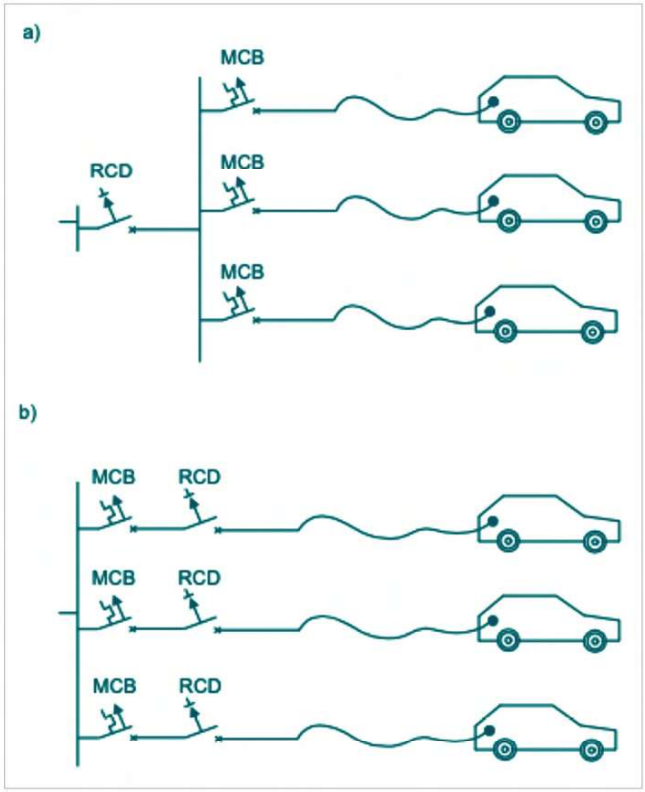
ประเภทของการป้องกัน	มาตรการที่ได้รับอนุญาต	มาตรการที่ไม่ได้รับอนุญาต
การป้องกันขั้นพื้นฐาน	- ฉนวนพื้นฐานของชิ้นส่วนที่มีไฟฟ้า - การกั้น หรือการห่อหุ้ม	- ที่ซึ่งเข้าถึงไม่ได้ - ที่ซึ่งมีการกั้น
การป้องกันความผิดพร่อง	- การปลดวงจรอัตโนมัติของแหล่งจ่ายไฟ - ฉนวนสองชั้นหรือฉนวนเสริม - แรงดันไฟฟ้าต่ำพิเศษที่จัดทำโดย SELV หรือ PELV - การกั้นแยกทางไฟฟ้า (ที่บริภัณฑ์ที่มีกระแสไฟฟ้าไหลมีฝั่งเดียวเท่านั้น)	- ที่ซึ่งไม่มีตัวนำไฟฟ้า - ที่ซึ่งมีการประสานศักย์เฉพาะที่

กฎการเลือก RCD

ตามข้อกำหนดของมาตรฐาน PN-HD 60364-7-722 จุดเชื่อมต่อแต่ละจุดของรถยนต์ไฟฟ้าควรได้รับการปกป้องแยกกันด้วย RCD ที่มีกระแสเหลือในการทำงานที่กำหนดไม่เกิน 30 mA เป็นไปตามนั้น RCD หนึ่งอันไม่ควรป้องกันวงจรตั้งแต่สองวงจรขึ้นไป มีไว้สำหรับการชาร์จ EV

หาก RCD ป้องกันมากกว่าหนึ่งวงจรที่แสดง รูปที่ 1a ในกรณีที่เกิดข้อผิดพลาดในการลงดินในวงจรย่อยใดๆ มีแนวโน้มมากที่สุดที่ RCD จะตัดการทำงาน และยกเลิกการทำงานของวงจรย่อยทั้งหมด ในกรณีของวิธีแก้ปัญหาที่แสดงในรูปที่ 1b แต่ละวงจรจะมี RCD ติดตั้งอยู่ ความผิดปกติของสายดินในวงจรที่กำหนดจะจำหน่ายผ่าน RCD เฉพาะในวงจรที่ผิดพลาดและจะไม่กระทบไปยัง EV ที่เชื่อมต่อกับวงจรอื่น

การใช้ RCD แยกกันสำหรับแต่ละวงจรย่อยยังมีเหตุผลอีกประการหนึ่งคือ ในกรณีของค่าที่สำคัญของกระแสรั่วไหลที่ปรากฏระหว่างการชาร์จ (รถยนต์หลายคันถูกชาร์จในเวลาเดียวกัน) การปลดวงจรโดยไม่จำเป็นของ RCD โดยรวมการป้องกันหลายวงจรอาจเกิดขึ้นได้ หากใช้ทางเลือกจากรูปที่ 1b ความน่าจะเป็นของกระแสรั่วไหลผลลัพธ์ขนาดใหญ่จะลดลง (มีประจุเพียง EV หนึ่งตัวต่อ RCD)



รูปที่ 1 การเลือกตำแหน่งของ RCD:
a) RCD หนึ่งตัวป้องกันวงจร EV สามวงจร
b) RCD หนึ่งตัวป้องกันหนึ่งวงจร EV แยกแต่ละวงจร (RCD-อุปกรณ์กระแสเหลือ, MCB-การป้องกันกระแสเกิน)

สิ่งสำคัญคือต้องเลือก RCD ที่ถูกต้องจากมุมมองของความสามารถในการตรวจจับรูปร่างเฉพาะของกระแสเหลือ ในการติดตั้งการชาร์จ EV ส่วนประกอบ DC อาจปรากฏในดิน/กระแสเหลือ และ ด้วยเหตุผลนี้ มาตรฐาน PN-HD 60364-7-722 จึงกำหนดให้ต้องใช้ RCD ชนิด A เป็นอย่างน้อย (ไม่จำเป็นต้องใช้ RCD หากใช้การแยกทางไฟฟ้าเนื่องจากใช้การป้องกันการลัดวงจร) ในบางกรณี RCD ประเภทนี้ (ประเภท A) ก็ไม่เพียงพอ มาตรฐานกำหนดให้สถานีชาร์จ EV มีช่องเสียบ/ขั้วต่อที่สอดคล้องกับ IEC 62196 ได้รับการปกป้องโดยอุปกรณ์ที่ตรวจจับส่วนประกอบ DC ที่มีค่านัยสำคัญ (มากกว่า 6 mA) สิ่งเหล่านี้อาจเป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ในสถานีชาร์จ EV หรือแยกจากกัน ดังนั้นจึงควรใช้เพื่อการนี้

- RCD ชนิด B หรือ
- RCD ชนิด A พร้อมด้วยอุปกรณ์เพิ่มเติมซึ่งช่วยให้สามารถตรวจจับส่วนประกอบ DC (Residuel Direct Current - Detecting Device : RDC-DD เป็นอุปกรณ์ที่สอดคล้องกับ IEC 62955) หรือ
- RCD ประเภท F พร้อมด้วยอุปกรณ์เพิ่มเติมที่ช่วยให้สามารถตรวจจับส่วนประกอบ DC (อุปกรณ์ RDC-DD เป็นไปตาม IEC 62955)

ตารางที่ 2 นำเสนอประเภทของ RCD เนื่องจากความสามารถในการตรวจจับรูปคลื่นเฉพาะของรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าเหลือ และประโยชน์ใน

การติดตั้งการชาร์จ EV

ตารางที่ 3 แสดง RDC-DD ซึ่งมีไว้สำหรับการติดตั้งที่ใช้สำหรับการชาร์จโหมด 3

ตารางที่ 2 ประเภทของ RCD เนื่องจากความสามารถในการตรวจจับรูปคลื่นเฉพาะของกระแสเหลือและประโยชน์ในการติดตั้งเพื่อชาร์จ EV

สัญลักษณ์	รูปคลื่นที่ตรวจพบโดย RCD ชนิดเฉพาะ	ความคิดเห็นที่อ้างถึง RCD ใน EV การติดตั้ง
AC	- กระแสสลับรูปไซน์ (โดยทั่วไป 50/60 Hz)	ไม่อนุญาตให้ติดตั้งการชาร์จ EV ดังนี้
A	- กระแสสลับรูปไซน์ (โดยทั่วไป 50/60 Hz) - กระแสตรงที่เป็น pulse - กระแสตรงเป็น pulseด้วย ส่วนประกอบโดยตรงที่เรียบได้ถึง 6 mA	เหมาะสำหรับการติดตั้งการชาร์จ EV แต่ในบางกรณีอาจจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์ RDC-DD
F	- เช่นเดียวกับประเภท A - กระแสตรงแบบเป็น pulse โดยมีส่วนประกอบโดยตรงที่เรียบได้ถึง 10 mA - กระแสสลับที่มีฮาร์โมนิกส์ (การจ่ายไฟแบบเฟสเดียว)	เหมาะสำหรับการติดตั้งการชาร์จ EV แต่ในบางกรณีอาจจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์ RDC-DD
B	- กระแสสลับรูปไซน์ สูงถึง 1,000 เฮิรตซ์ - กระแสสลับรูปไซน์ที่มีส่วนประกอบโดยตรงซ้อนทับสูงถึง 10 mA หรือ $0.4I\Delta_n$ - กระแสตรงแบบเป็น pulse พร้อมส่วนประกอบโดยตรงซ้อนทับสูงถึง 10 mA หรือ $0.4I\Delta_n$ - กระแสตรงที่ได้รับจากวงจรเรียงกระแสสองพัลส์ที่จ่ายจากสองเฟส - กระแสตรงที่ได้รับจากวงจรเรียงกระแสสามพัลส์/หกพัลส์ที่จ่ายจากสามพัลส์ เฟส - กระแสตรงที่เรียบ - กระแสที่มีฮาร์โมนิค	เหมาะสำหรับการติดตั้งการชาร์จ EV; ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ RDC-DD
B+	- เช่นเดียวกับประเภท B - กระแสสลับรูปไซน์สูงถึง 20,000 Hz	เช่นเดียวกับประเภท B

ตารางที่ 3 อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเหลือที่มีไว้สำหรับการติดตั้งโดยใช้การชาร์จโหมด 3 (RDC-DD)

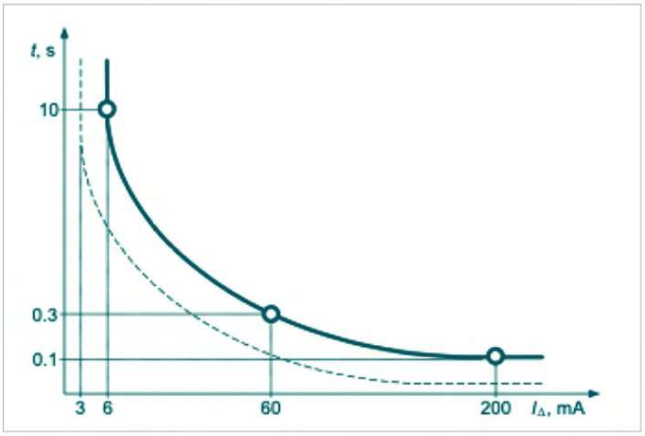
สัญลักษณ์ทั่วไป	สัญลักษณ์เฉพาะ	คำอธิบาย
RDC-DD	RDC-MD	- อุปกรณ์ตรวจสอบที่สามารถตรวจจับส่วนประกอบ DC แบบเรียบ IDC ≥ 6 mA - อุปกรณ์นี้ทำงานร่วมกับ RCD ที่มี $I\Delta_n \leq 30$ mA ชนิด A หรือชนิด F
	RDC-PD	-อุปกรณ์ป้องกันในตัวที่ตรวจจับกระแสสลับ กระแสตรงแบบพัลซ์ และส่วนประกอบ DC แบบเรียบ IDC ≥ 6 mA

ตามมาตรฐาน IEC 62955 มีการระบุพารามิเตอร์พิกัดต่อไปนี้ของอุปกรณ์ RDC-DD ที่เกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้าเหลือ DC มีดังนี้

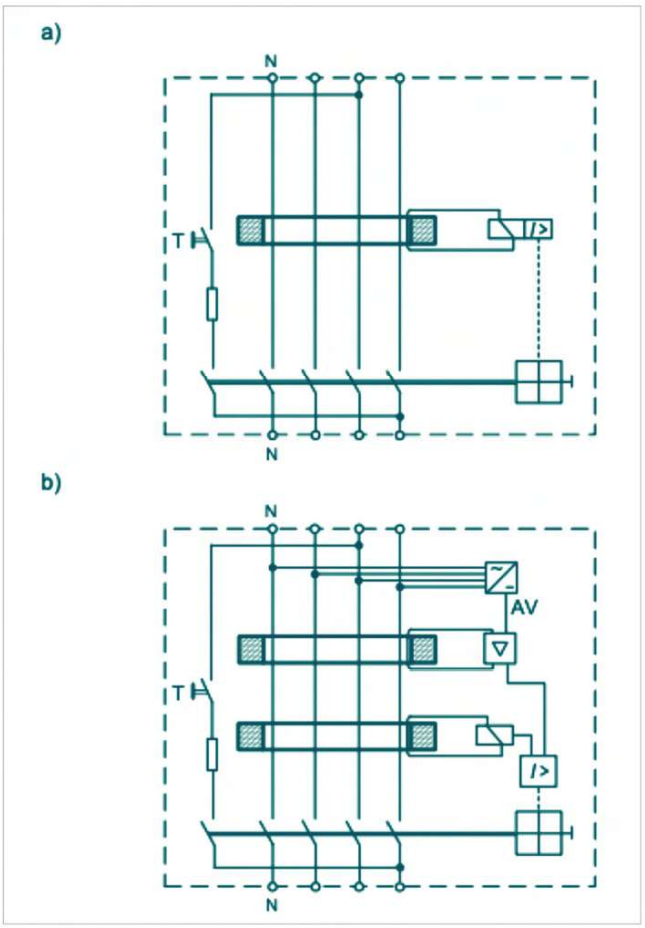
- พิกัดกระแสไฟฟ้าที่เหลือในการทำงานที่กำหนด $I\Delta_{ndc} = 6$ mA
- พิกัดกระแสไฟฟ้าเหลือที่ไม่ใช้งานที่กำหนด $I\Delta_{ndc} = 0.5\ I\Delta_{ndc} = 3$ mA เว้นข้อความ

ค่าพิกัดที่กำหนดของ $I\Delta_{dc} = 6$ mA สัมพันธ์กับคุณลักษณะการทำงานของ DC ที่แสดงในรูปที่ 2 มาตรฐาน ระบุเวลาหยุดทำงานสูงสุดที่อนุญาตสำหรับสามจุดต่อไปนี้: 6 mA, 60 mA และ 200 mA สำหรับกระแสไฟฟ้าเหลือในการทำงานที่กำหนด (6 mA) คือ 10 วินาที

เนื่องจาก RDC-DD จำเป็นต้องตรวจจับส่วนประกอบ DC มูลค่าสูง (มากกว่า 6 mA) จึงจำเป็นต้องมีแรงดันไฟฟ้าเสริมเพื่อให้ทำงานได้อย่างถูกต้อง รูปที่ 3 แสดง การเปรียบเทียบไดอะแกรมภายในของ A-type RCD กับ RDC-DD



รูปที่ 2 คุณลักษณะกระแส-เวลาของอุปกรณ์ RDC-DD สำหรับส่วนประกอบ DC แบบเรียบ



รูปที่ 3 แผนภาพแสดงโครงสร้างภายในของ:
a) RCD ชนิด A,
b) RDC-DD (RDC-PD); AV-ระบบแรงดันไฟฟ้าเสริม

สำหรับการชาร์จ EV ในโหมด 2 สามารถใช้สายเคเบิลที่มีอุปกรณ์ IC-CPD ในตัวตามที่ระบุไว้ในข้างต้น

อุปกรณ์นี้ควรเป็นไปตามข้อกำหนด ของมาตรฐาน PN-EN 62752 สายเคเบิลที่มีอุปกรณ์ IC-CPD มี RCD ขนาด $I\Delta_n \leq 30$ mA ซึ่งช่วยให้มั่นใจได้ถึงการป้องกันที่จำเป็นจากไฟฟ้าลัดวงจร เมื่อไม่แน่ใจว่ามี RCD ที่ เหมาะสมในระบบจ่ายไฟต้นทางหรือไม่

สำหรับอุปกรณ์ IC-CPD นั้น ต้องมีการตรวจจับตามมาตรฐาน PN-EN 62752 ดังนี้

- ส่วนประกอบ DC IDC ≥ 6 mA
- รูปคลื่นที่มีส่วนประกอบความถี่สูง

ตามมาตรฐาน กระแสทดสอบที่หันเหไปควรมีส่วนประกอบสองส่วนต่อไปนี้ (แต่ละชุด 50%)

- องค์ประกอบความถี่พื้นฐาน (ปกติ 50 Hz)
- ส่วนประกอบความถี่สูง 1,000 Hz เว้นข้อความ

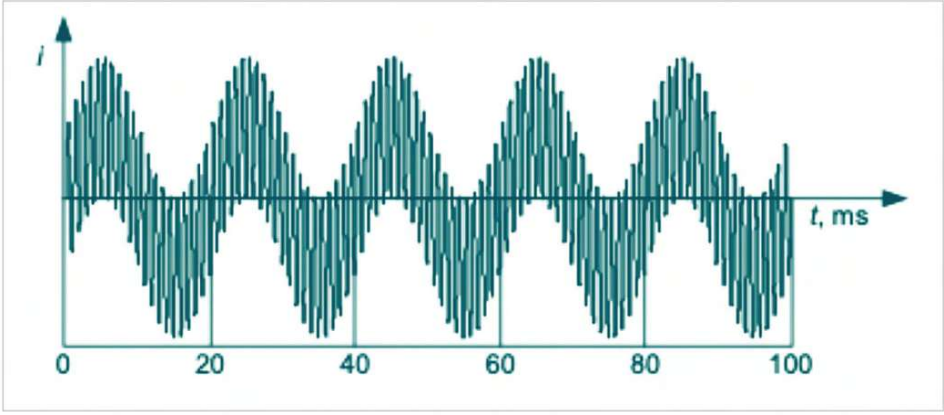
รูปที่ 4 แสดงรูปคลื่นที่ประกอบด้วยองค์ประกอบทั้งสองนี้ จำเป็นต้องมีกระแสที่หันเหไปของ RCD ที่สร้างไว้ในอุปกรณ์ IC-CPD จะทำงานภายในช่วง (0.5–1.4) $I\Delta_n$

DC-RCD-การป้องกันกระแสไฟฟ้าเหลือที่ออกแบบมาสำหรับระบบ DC

เมื่อเร็วๆ นี้ มีความสนใจเพิ่มขึ้นในไมโครกริดไฟฟ้ากระแสตรง ไมโครกริดดังกล่าวใช้แหล่งไฟฟ้าโซลาร์เซลล์และแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อจ่ายไฟ เช่น ไฟส่องสว่างในอาคาร ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมี RCD ที่สามารถติดตั้งในเครือข่ายไฟฟ้ากระแสตรง และการติดตั้งได้

ท่ามกลางความแตกต่างที่สำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับ RCD ที่ออกแบบมาสำหรับระบบ AC ควรกล่าวถึงค่าบางค่าของกระแสไฟฟ้าที่เหลือในการทำงานที่ได้รับการจัดอันดับ $I\Delta_n$ มาตรฐาน แยกกระแสต่อไปนี้ $I\Delta_n$: 20 mA, 80 mA, 300 mA, 600 mA, 1 A, 2 A, 3 A, 5 A, 10 A, 20 A, 30 A ควรสังเกตว่า ค่า 80 mA เป็นค่าสูงสุดที่อนุญาตซึ่งสามารถใช้เพื่อให้การป้องกันเพิ่มเติมได้ ดังนั้น DC-RCD ที่มี $I\Delta_n \leq 80$ mA จึงเทียบเท่ากับ RCD ที่มี $I\Delta_n \leq 30$ mA ใช้ในระบบ AC

กระแสปลดวงจรของ DC-RCD ควรอยู่ในช่วง (0.5–1.0) $I\Delta_n$ นี่เป็นช่วงเดียวกับที่จำเป็นสำหรับ RCD ทั่วไปเมื่อกระแสกระแสสลับ



รูปที่ 4 รูปคลื่นประกอบด้วยส่วนประกอบต่อไปนี้ (แต่ละชุด 50%): 50 Hz และ 1,000 Hz

ข้อสรุป

RCD ที่ใช้ในการติดตั้งการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์บังคับ ในการติดตั้งเหล่านี้ ไม่อนุญาตให้ใช้ RCD ชนิด AC ในกรณีของ RCD ชนิด A หรือ F จะต้องติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมที่สามารถตรวจจับกระแสเหลือ DC แบบเรียบที่มีค่าสูงกว่า 6 mA ในระบบการชาร์จบางระบบ คาดว่าในอนาคตอันใกล้นี้ การป้องกันกระแสไฟฟ้าเหลือรูปแบบใหม่ – DC-RCD – จะกลายเป็นที่นิยมในตลาด นี่คือการป้องกันสำหรับการติดตั้งกระแสตรงซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้นเรื่อยๆ

ส่วนตัวผู้เขียน
นายสุวิทย์ ศรีสุข วิศวกรไฟฟ้า-ที่ปรึกษาอิสระ
การศึกษา
• ปริญญาตรี-วิศวกรรมศาสตร์ ไฟฟ้ากำลัง สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี
• ปริญญาโท-วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม บางเขน
ประสบการณ์ • ทำงานกว่า 31 ปี งานด้านไฟฟ้ากำลัง