



กรมการขนส่งทางราง  
Department of Rail Transport

มขร. – E – 003 -2564

มาตรฐานรูปแบบการต่อหม้อแปลง

สำหรับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

(Transformer Arrangement Standard  
for AC Electrification System)



กองมาตรฐานความปลอดภัยและบำรุงทาง



514/1 Lon Luang Road, Dusit,  
Bangkok, Thailand 10300



<http://www.drt.go.th/>



Facebook/DRT.OfficialFanpage

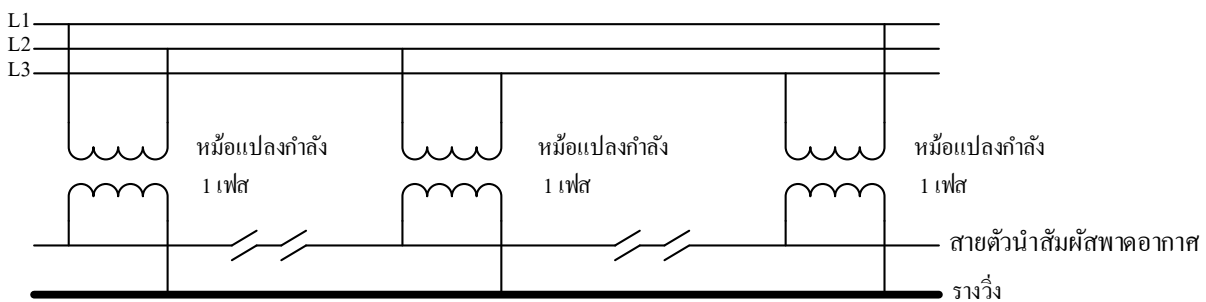
มขร. - E - 003 - 2564

## มาตรฐานรูปแบบการต่อหม้อแปลง สำหรับระบบจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (Transformer Arrangement Standard for AC Electrification System)

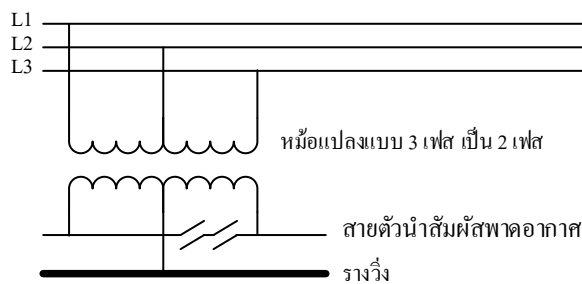
### 1. บททั่วไป

หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังสำหรับโหลดขับเคลื่อนเป็นหม้อแปลงที่ต่อกับระบบสายตัวนำสัมผัสสภาพอากาศแบบไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งมีอยู่หลายชนิด ขึ้นกับรายละเอียดของรูปลักษณะการจ่ายไฟฟ้าแต่ละโครงการ โดยอาจประกอบไปด้วยหม้อแปลงต่างๆ ดังนี้

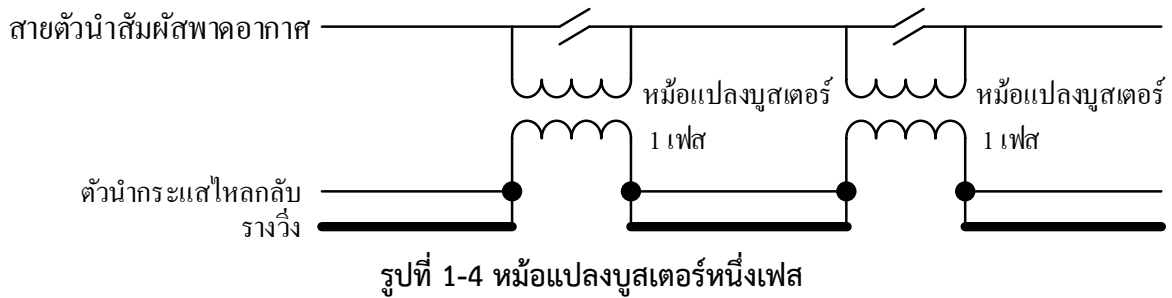
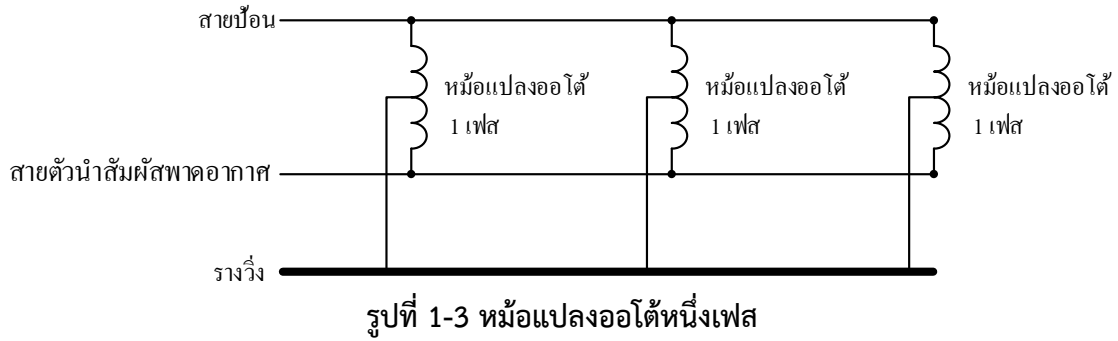
- หม้อแปลงขับเคลื่อนหนึ่งเฟส - เช่น ใช้เพื่อต่อไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าสามเฟส เข้าสู่ระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะ
- หม้อแปลงขับเคลื่อนสามเฟสเป็นสองเฟส - เช่น ใช้แปลงระบบไฟฟ้าสามเฟส ให้เป็นสองเฟสเพื่อต่อเข้าสู่ระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะ
- หม้อแปลงอโต้หนึ่งเฟส - เช่น ใช้ติดตั้งริมทางวิ่งรถไฟฟ้าเพื่อปรับแรงดันตกของระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะ
- หม้อแปลงบูสเตอร์หนึ่งเฟส - เช่น ใช้ติดตั้งริมทางวิ่งรถไฟฟ้าเพื่อลดกระแสไหลกลับทางรางวิ่ง
- หม้อแปลงสำหรับโหลดเสริม - เช่น ใช้เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้โหลดเสริมต่างๆ ตามทางวิ่ง เช่น แสงสว่าง โดยทั่วไปรับไฟฟ้าจากระบบโครงข่ายไฟฟ้าสำหรับโหลดเสริมแบบสามเฟสหรือรับไฟฟ้าจากระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะ



รูปที่ 1-1 หม้อแปลงกำลังแบบหนึ่งเฟส



รูปที่ 1-2 หม้อแปลงแบบสามเฟสเป็นสองเฟส



ดังรูปแสดงระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าสำหรับโหลดขับเคลื่อนแสดงตัวอย่างการใช้หม้อแปลง รูปที่ 1-1 หม้อแปลงกำลังแบบหนึ่งเฟส รูปที่ 1-2 หม้อแปลงแบบสามเฟสเป็นสองเฟส รูปที่ 1-3 หม้อแปลงอโต้หนึ่งเฟส และ รูปที่ 1-4 หม้อแปลงบустเตอร์หนึ่งเฟส

หม้อแปลงเหล่านี้ทำงานกับโหลดขับเคลื่อนที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงทั้งขนาดและช่วงเวลาอย่างรวดเร็ว และยังมีโอกาสเกิดการลัดวงจรบ่อยครั้ง จึงจำเป็นที่จะต้องมีการออกแบบ ทดสอบ และตรวจสอบอย่างรัดกุมก่อนเปิดให้บริการ

### 1.1 ขอบข่าย

มาตรฐานนี้ระบุข้อกำหนดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังสำหรับโหลดขับเคลื่อน ที่ถูกใช้ในสถานีไฟฟ้าขับเคลื่อน หรือ ถูกใช้ตามเส้นทางเดินรถไฟเพื่อจ่ายกำลังให้กับระบบขับเคลื่อนแบบกระแสสลับ หรือ เพื่อจ่ายกำลังให้กับบริการเสริมต่างๆ สำหรับรถไฟสายประธานทุกเส้นทางใหม่และเส้นทางเก่าที่ปรับปรุงเป็นระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า ซึ่งครอบคลุม

- หม้อแปลงสำหรับโหลดขับเคลื่อนแบบหนึ่งเฟส
- หม้อแปลงสำหรับโหลดขับเคลื่อนแบบสามเฟสเป็นสองเฟส
- หม้อแปลงอโต้หนึ่งเฟสสำหรับจ่ายไฟให้ระบบจ่ายไฟฟ้าขับเคลื่อน
- หม้อแปลงบустเตอร์หนึ่งเฟส
- หม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับโหลดเสริมแบบหนึ่งเฟส หรือ หม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับโหลดเสริม

แบบสามเฟส ที่ทำงานกับแรงดันขับเคลื่อน



## 1.2 มาตรฐานอ้างอิง

- 1) IEC 60076-1:2011, Power transformers - Part 1: General
- 2) IEC 60076-2:2011, Power transformer – Part 2: Temperature rise for liquid-immersed transformers
- 3) IEC 60076-3:2013, Power transformer – Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air
- 4) IEC 60076-5:2006, Power transformer – Part 5: Ability to withstand short circuit
- 5) IEC 60076-11:2018, Power transformer – Part 11: Dry-type transformers
- 6) IEC 60076-12:2008, Power transformer – Part 12: Loading guide for dry-type transformers
- 7) IEC 62497-1:2010, Railway applications – Insulation coordination-Part 1: Basic requirements- Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment
- 8) IEC 62695:2014, Railway applications – Fixed installations – Traction transformers
- 9) มาตรฐานคุณภาพไฟฟ้า, มาตรฐานระบบไฟฟ้าของการเดินรถขนส่งทางรางบนโครงข่ายรถไฟสายประธานของประเทศไทย, กรมการขนส่งทางราง
- 10) มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
- 11) มอก. 384-2543, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

## 1.3 นิยาม

**ระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสัมผัสเหนือศีรษะ (Overhead Contact System: OCS)** หมายถึง ระบบการจ่ายไฟฟ้าให้แก่รถไฟโดยใช้สายสัมผัสเหนือศีรษะเพื่อใช้ขับเคลื่อนรถไฟ

**สถานีไฟฟ้าขับเคลื่อน (traction substation)** หมายถึง สถานีไฟฟ้าย่อยสำหรับจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบขับเคลื่อนของรถไฟ

**หม้อแปลงขับเคลื่อน (traction transformer)** หมายถึง หม้อแปลงที่ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบขับเคลื่อนของรถไฟ

**หม้อแปลงเสริม (auxiliary transformer)** หมายถึง หม้อแปลงที่ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับสถานีรถไฟ ศูนย์ซ่อมบำรุง และศูนย์ควบคุมกลางที่ไม่ใช่โหลดขับเคลื่อน



**หม้อแปลงออโต้ (auto transformer)** หมายถึง หม้อแปลงที่มีขดลวดอย่างน้อยสองขดรวมกัน อาทิ เช่น หม้อแปลงที่ทำหน้าที่เพิ่มแรงดัน ในกรณีที่เกิดแรงดันตกในระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสามเฟสเหนื่อศีรษะ

**หม้อแปลงบูสเตอร์ (booster transformer)** หมายถึง หม้อแปลงที่มีขดลวดหนึ่งเป็นขดลวดป้อน กำลังไฟฟ้าและอีกขดหนึ่งต่ออนุกรมกับวงจรเพื่อเปลี่ยนแรงดันและ/หรือเลื่อนเฟสของวงจรนั้น

**พิกัด (rating)** หมายถึง ค่าตัวเลขที่ถูกกำหนดให้กับปริมาณต่างๆ ซึ่งนิยามการทำงานของหม้อแปลง ตามเงื่อนไขที่ระบุ ซึ่งเป็นปริมาณที่ผู้ทำรับประกันและเป็นค่าพื้นฐานในการทดสอบ

**ค่าที่กำหนด (rated value)** หมายถึง ค่าตัวเลขต่างๆ ที่ใช้กำหนดค่าพิกัด

**กำลังไฟฟ้าที่กำหนดของขดลวด (rated power of a winding)** หมายถึง ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏของ ขดลวดซึ่งใช้ร่วมกับค่าแรงดันที่กำหนดของขดลวด เพื่อพิจารณาหาค่ากระแสไฟฟ้าที่กำหนด

**ความถี่ที่กำหนด (rated frequency)** หมายถึง ความถี่ที่กำหนดให้ใช้กับหม้อแปลง

**กระแสพื้นฐาน (basic current :  $I_B$ )** หมายถึง ค่ากระแสในขดลวดที่ถูกสมมติให้คงอยู่เป็นคาบที่นาน และเป็นตัวแทนโหลดหม้อแปลงสำหรับโหลดขับเคลื่อนจ่ายอยู่อย่างต่อเนื่องและซึ่งโหลดเกินได้ถูก กำหนดไว้ด้วย

**ความต้องการกระแส (current demand)** หมายถึง การผันแปรที่เกิดขึ้นจริงหรือการผันแปร ที่คาดการณ์ของกระแสโหลดที่บริโภคโดยระบบขับเคลื่อน ซึ่งรวมกำลังสองเฉลี่ยเป็นกระแสที่กำหนด

**แผนภาพโหลด (load diagram)** หมายถึง ความต้องการจริงของกระแสบริโภคโดยวงจรขับเคลื่อน ในภาวะคาดการณ์ที่เลวร้ายสุด

**วัฏจักรโหลด (load cycle)** หมายถึง ตัวแทนที่ใช้กันทั่วไปของความต้องการกระแสต่อหม้อแปลง ไฟฟ้าสำหรับโหลดขับเคลื่อน ระบุเป็นค่าต่อหน่วยของกระแสที่กำหนด วัฏจักรโหลดแสดงการแปรผันซ้ำๆ ของโหลดเทียบกับเวลา

**ประเภทของหน้าที่ (duty class)** หมายถึง การจำแนกประเภทที่ใช้กันทั่วไปของขีดความสามารถทาง กระแสไฟฟ้าของหม้อแปลงสำหรับโหลดขับเคลื่อน โดยจะถูกระบุเป็นค่าต่อหน่วยของกระแสมูลฐาน

**ขั้วต่อ (terminal)** หมายถึง ส่วนที่เป็นตัวนำไฟฟ้าซึ่งมีไว้สำหรับให้ตัวนำไฟฟ้าภายนอกต่อกับ ขดลวด

**ขดลวด (winding)** หมายถึง ลวดซึ่งพันเป็นรอบเพื่อใช้เป็นวงจรให้ได้ค่าแรงดันตามที่ต้องการ สำหรับหม้อแปลง

**ขดลวดมีจุดต่อแยก (tapped winding)** หมายถึง ขดลวดซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนจำนวนรอบ ประสิทธิภาพเป็นขั้นๆ ได้





**ฉนวนบุชชิ่ง (bushing insulator)** หมายถึง ฉนวนขององค์ประกอบที่ใช้ในการนำสายไฟฟ้าผ่านผนังด้านในและผนังด้านนอกของหม้อแปลงไฟฟ้า

**ฮาร์โมนิกส์ (harmonic)** หมายถึง ส่วนประกอบในรูปสัญญาณคลื่นไซน์ (Sinusoidal หรือ sine wave) ของสัญญาณหรือปริมาณเป็นคาบใด ๆ ซึ่งมีความถี่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่หลักมูล (Fundamental frequency)

**การทดสอบประจำ (routine test)** หมายถึง การทดสอบที่ทำกับหม้อแปลงทุกตัว

**การทดสอบเฉพาะแบบ (type test)** หมายถึง การทดสอบหม้อแปลงตัวหนึ่งซึ่งเป็นตัวแทนของหม้อแปลงตัวอื่นๆ เพื่อแสดงว่าหม้อแปลงเหล่านี้เป็นไปตามคุณลักษณะที่ต้องการตามที่กำหนด ซึ่งไม่ได้รวมอยู่ในการทดสอบประจำ

**การทดสอบพิเศษ (special test)** หมายถึง การทดสอบที่นอกเหนือไปจากการทดสอบเฉพาะแบบหรือการทดสอบประจำ ซึ่งเป็นข้อตกลงระหว่างผู้ทำกับผู้ซื้อ

**ระบบขับเคลื่อน (traction system)** หมายถึง โครงข่ายกระจายไฟฟ้าสำหรับระบบรางเพื่อป้อนพลังงานให้กับระบบขับเคลื่อน

**ผู้ซื้อ (purchaser)** หมายถึง ผู้ที่ซื้อหม้อแปลงไปใช้

**ผู้ทำ (manufacturer)** หมายถึง ผู้ผลิตหม้อแปลง

**อุปกรณ์ปรับเปลี่ยนจุดต่อแยกมีโหนด (on-load tap-changer)** หมายถึง อุปกรณ์สำหรับปรับเปลี่ยนการต่อจุดต่อแยกของขดลวด เหมาะสำหรับใช้งานเมื่อหม้อแปลงมีไฟฟ้าหรือมีโหนด

## 2. หม้อแปลงสำหรับโหนดขับเคลื่อน

หม้อแปลงสำหรับโหนดขับเคลื่อน จะต้องป้องกันกำลังไฟฟ้าให้กับโหนดที่มีการแปรผันทั้งขนาดและช่วงเวลาอย่างรวดเร็ว จึงจำเป็นที่จะต้องมียุติการกำหนดพิกัดอย่างเหมาะสม โดยการอ้างอิงกับโหนดที่ทำงานเป็นวัฏจักรที่มีทั้งการมีโหนดเกินแบบระยะสั้น การมีโหนดเกินแบบระยะยาว การทดสอบยืนยันการรับโหนดแบบวัฏจักร ซึ่งจะดูผลของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะต้องไม่เกินขีดจำกัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น โดยหลักการแล้วการทดสอบอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นก็เพื่อแสดงว่าปริมาณระบายความร้อนมีขนาดเพียงพอที่จะระบายความร้อนที่เกิดขึ้นจากความสูญเสียภายในตัวหม้อแปลง และเพื่อแสดงว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของขดลวดต้องไม่เกินค่าสูงสุดที่ระบุไว้

หม้อแปลงที่ใช้ในระบบจ่ายไฟฟ้าให้โหนดขับเคลื่อนปกติจะต่อกับกริดไฟฟ้าที่มีค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏลัดวงจรสูง และมีโอกาสเกิดกระแสเกินจากภาวะการลัดวงจรภายนอกบ่อยครั้ง จึงจำเป็นต้อง



มีการออกแบบให้เหมาะสมเพื่อสามารถรับความเครียดจากภาวะดังกล่าว และควรจะมีการทดสอบพิเศษเกี่ยวกับความคงทนต่อการลัดวงจรด้วย

นอกจากนี้การต่อขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับโหลดขับเคลื่อนที่สถานีไฟฟ้าขับเคลื่อนก็มีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากโหลดของรถไฟฟ้ามหานครเป็นโหลดชนิดหนึ่งเฟส ทำให้เกิดความไม่สมดุลของแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ด้านแรงดันสูงในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า จึงจำเป็นต้องมีการพิจารณารูปแบบการต่อหม้อแปลงที่เหมาะสม

### 3. ข้อกำหนดการออกแบบ

หม้อแปลงสำหรับโหลดขับเคลื่อนแบบหนึ่งเฟส หม้อแปลงสำหรับโหลดขับเคลื่อนแบบสามเฟสเป็นสองเฟส หม้อแปลงออดิโอหนึ่งเฟส หม้อแปลงบูสเตอร์หนึ่งเฟส และหม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับโหลดเสริม จะต้องได้รับการออกแบบให้ปฏิบัติตามมาตรฐาน มอก. 384, IEC 60076-1 หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า นอกจากนี้เพื่อรองรับการทำงานกับโหลดขับเคลื่อน หม้อแปลงจะต้องได้รับการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อให้บรรลุข้อกำหนดขั้นต่ำทางด้านการรองรับโหลด ด้านการรับความเครียดจากการลัดวงจร และด้านคุณภาพไฟฟ้า เพิ่มเติมดังต่อไปนี้ด้วย

#### 3.1 ด้านการรองรับโหลดขับเคลื่อน

1) สำหรับหม้อแปลงสำหรับโหลดขับเคลื่อนแบบหนึ่งเฟส หม้อแปลงสำหรับโหลดขับเคลื่อนแบบสามเฟสเป็นสองเฟส หม้อแปลงออดิโอหนึ่งเฟส และหม้อแปลงบูสเตอร์หนึ่งเฟส จะต้องได้รับการกำหนดพิกัดอย่างเหมาะสมเพื่อรองรับโหลดขับเคลื่อนดังต่อไปนี้

- ผู้ซื้อจะต้องกำหนดแผนภาพโหลด โดยทั้งนี้อาจพิจารณาใช้วัฏจักรโหลดในภาคผนวก ก. เป็นตัวแทนที่สมนัยกัน
- ค่ากระแสพิกัดของหม้อแปลงขับเคลื่อนจะต้องกำหนดให้ไม่น้อยกว่าค่ารากกำลังสองเฉลี่ยขององค์ประกอบมูลฐานของกระแสโหลดตามวัฏจักรโหลด ดังสมการที่ (1)

$$I_N = \sqrt{\frac{1}{\Delta t} \int_{t_0}^{t_0+\Delta t} I^2(t) dt} \quad (1)$$

เมื่อ  $I_N$  คือ กระแสผ่านขดลวดของหม้อแปลง

$\Delta t$  คือ ระยะเวลาของวัฏจักรโหลด

$t_0$  คือ เวลาเริ่มต้น

- ฉนวนบุซซิง หม้อแปลงเครื่องมือวัด จุดต่อเชื่อม สวิตช์เปลี่ยนแทปโหลด (ถ้ามี) จะต้องได้รับการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อให้สอดคล้องกับค่ากระแสพิกัดข้างต้น และความต้องการด้านการโหลดเกินกับฮาร์มอนิกส์ (ถ้ามี)



2) ความสามารถในการทนวัฏจักรโหลดที่กำหนด ทวนสอบได้ด้วยการทดสอบพิเศษ ที่กำหนดในข้อ 8. การทดสอบเพื่อส่งมอบงาน

### 3.2 ด้านการรับความเครียดจากการลัดวงจร

1) สำหรับหม้อแปลงสำหรับโหลดขับเคลื่อนแบบหนึ่งเฟส หม้อแปลงสำหรับโหลดขับเคลื่อนแบบสามเฟสเป็นสองเฟส หม้อแปลงอโต้หนึ่งเฟส และหม้อแปลงบูสเตอร์หนึ่งเฟส

- ผู้ซื้อจะต้องชื่อบอกค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏลัดวงจรของแหล่งจ่ายไฟที่จะจ่ายให้หม้อแปลง และผู้ซื้อจะต้องแจ้งผู้ทำเกี่ยวกับกระบวนการปิดซ้ำ (reclosing) ที่ใช้

- ผู้ทำจะต้องให้การดูแลเป็นพิเศษในแง่มุมของค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏลัดวงจรและกระบวนการปิดซ้ำ (reclosing) ที่ใช้ดังกล่าวที่มีต่อการออกแบบทางกลของหม้อแปลง

2) สำหรับหม้อแปลงสำหรับโหลดเสริม

- หม้อแปลงสำหรับโหลดเสริมจะต้องได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสมโดยพิจารณาถึงกำลังจากการลัดวงจรที่อาจมีค่าสูงเนื่องจากการติดตั้งอยู่ใกล้กับแหล่งป้อนไฟฟ้าที่มีกำลังสูงกว่าปกติ

3) ความสามารถในการคงทนการลัดวงจร ทวนสอบได้ด้วยการทดสอบพิเศษ ที่กำหนดในข้อ 8. การทดสอบเพื่อส่งมอบงาน

### 3.3 ด้านระดับการฉนวน

1) หม้อแปลงสำหรับโหลดขับเคลื่อนแบบหนึ่งเฟส หม้อแปลงสำหรับโหลดขับเคลื่อนแบบสามเฟสเป็นสองเฟส หม้อแปลงอโต้หนึ่งเฟส หม้อแปลงบูสเตอร์หนึ่งเฟส และหม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับโหลดเสริม จะต้องได้รับการออกแบบให้มีระดับการฉนวนเท่ากับ หรือมากกว่าค่าในตารางที่ 3-1 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน IEC 62695

ตารางที่ 3-1 ระดับการฉนวน

ระดับของฉนวน kV	แรงดันทนตามความถี่กำลังไฟฟ้า ในช่วงเวลาสั้นที่กำหนด (60 s r.m.s. value) kV		แรงดันทนอิมพัลส์ฟ้าผ่าคลื่นเต็ม ที่กำหนด (peak value) (1.2/50 $\mu$ s peak) kV	
	A (OV3)	B (OV4)	A (OV3)	B (OV4)
0.05	0.42	0.7	0.8	1.5
0.10	0.7	1.2	1.5	2.5
0.15	1.2	1.9	2.5	4
0.3	1.9	2.8	4	6
0.9	2.8	3.6	6	8
1.2	3.6	5.5	8	12
1.8	4.6	6.9	10	15





ระดับของฉนวน kV	แรงดันทนตามความถี่กำลังไฟฟ้า ในช่วงเวลาสั้นที่กำหนด (60 s r.m.s. value) kV		แรงดันทนอิมพัลส์ฟ้าผ่าคลื่นเต็ม ที่กำหนด (peak value) (1.2/50 $\mu$ s peak) kV	
	A (OV3)	B (OV4)	A (OV3)	B (OV4)
2.3	5.5	8.3	12	18
3	6.9	9.2	15	20
3.6	11.5	14	25	30
4.8	14	18.5	30	40
6.5	18.5	23	40	50
8.3	23	27.5	50	60
10	27.5	34.5	60	75
17	44	50	95	125
17	(70)		(170)	
24	70	80	145	170
27.5	80	95	170	200
36	95	95	200	250
52	95	140	250	[325]
60	115	115	280	280
72.5	140	140	325	325
100	150	185	380	450
123	185	230	450	550
145	230	275	550	650
170	275	325	650	750
245	360	395	850	950
300	395	460	950	1050
362	460	510	1050	1175
420	510	570	1175	1300

หมายเหตุ ค่าต่างๆใน ( \_ ) ไม่ใช่ค่ามาตรฐาน ค่าใน [ \_ ] ไม่สอดคล้องกับค่าอื่นๆ ถึงอย่างไรก็ตามเป็นค่าที่ให้ไว้ในมาตรฐาน IEC 62497-1

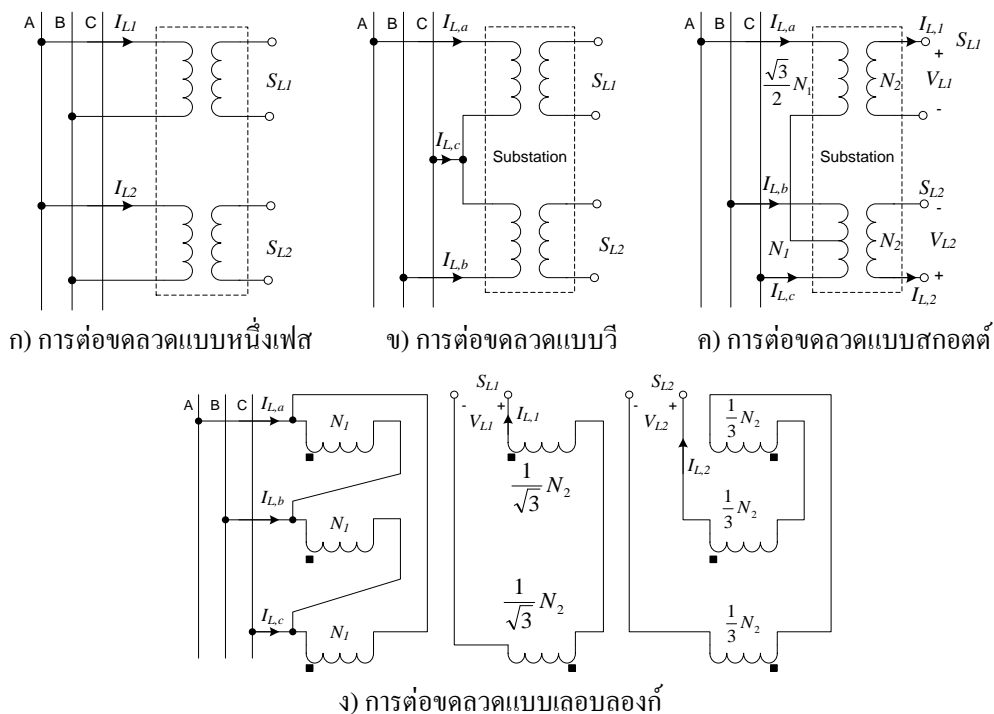
OV4 คือ วงจรไฟฟ้าซึ่งไม่ได้รับการป้องกันต่อแรงดันเกินภายนอกหรือแรงดันเกินภายใน และอาจจะไม่ได้รับอันตรายโดยแรงดันเกินฟ้าผ่าหรือแรงดันเกินสวิตชิง

OV3 คือ เช่นเดียวกับกับ OV4 แต่ภาวะแรงดันเกินมีความรุนแรงน้อยกว่า และ/หรือ มีความต้องการต่างๆเกี่ยวกับความปลอดภัยและความเชื่อถือได้ต่ำกว่า

2) สำหรับค่าระยะห่างและค่าระยะ (สั้นสุด) ตามผิวนวนน ให้อ้างอิงมาจาก มาตรฐาน IEC 62497-1 สำหรับกรณีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าหรือเท่ากับ 52 kV และ ให้อ้างอิงจากมาตรฐาน IEC 60076-3 สำหรับกรณีแรงดันไฟฟ้าสูงกว่า 52 kV

### 3.4 ด้านคุณภาพไฟฟ้า

หม้อแปลงสำหรับโหลดขับเคลื่อนแบบหนึ่งเฟส หม้อแปลงสำหรับโหลดขับเคลื่อนแบบสามเฟสเป็นสองเฟส จะต้องออกแบบการต่อขดลวดให้เหมาะสมเพื่อให้เกิดโหลดสมดุลที่เป็นไปตามข้อกำหนดของการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าท้องถิ่น ตามมาตรฐานระบบการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ตัวอย่างรูปแบบทั่วไปของการต่อขดลวดหม้อแปลงสำหรับโหลดขับเคลื่อน แสดงในรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 ตัวอย่างของรูปแบบโดยทั่วไปของการต่อขดลวดของหม้อแปลงสำหรับโหลดขับเคลื่อน

## 4. คุณสมบัติ

1) ส่วนประกอบและวัสดุต่างๆ ที่ใช้ในการสร้างหม้อแปลงจะต้องสอดคล้องกับความต้องการที่ระบุในมาตรฐาน มอก. 384 หรือมาตรฐาน IEC 60076-1

2) หม้อแปลงทุกตัวจะต้องมีแผ่นป้ายพิกัดหนึ่งแผ่นหรือหลายแผ่นซึ่งคงทนต่อลมฟ้าอากาศ แจ็งรายละเอียดขั้นต่ำตามมาตรฐาน มอก.384 (หัวข้อ 5) หรือมาตรฐาน IEC 60076-1



3) ปริมาณที่กำหนดและปริมาณอื่นของหม้อแปลงทุกตัวสามารถมีความคลาดเคลื่อนได้ โดยเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนจะต้องมีค่าสอดคล้องกับค่าที่ระบุตามมาตรฐาน มอก.384 (หัวข้อ 6) หรือมาตรฐาน IEC 60076-1 (clause 10)

## 5. ข้อกำหนดการทำงาน

1) หม้อแปลงสำหรับโหลดขับเคลื่อนต้องเหมาะสมสำหรับการติดตั้งใช้งานในประเทศไทย โดยมีภาวะการใช้งานเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.384 (ข้อ 1.3) หรือ มาตรฐาน IEC 60076-1 (clause 4.2) หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

2) สำหรับภาวะการใช้งานทางไฟฟ้า ควรจะต้องพิจารณาให้อยู่ในพิสัยดังต่อไปนี้

- การเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าในการทำงานปกติ (ภาวะคงตัว)  $\pm 10\%$

- การเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าซึ่งจะไม่ทำให้เกิดผลที่เป็นอันตรายต่าง ๆ  $\pm 15\%$  (ช่วงเวลาสั้น 0.5 รอบ ถึง 30 รอบ)

## 6. การติดตั้ง

วิธีการติดตั้งหม้อแปลงสำหรับโหลดขับเคลื่อนจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

## 7. ความปลอดภัย

1) หม้อแปลงจะต้องถูกออกแบบโดยคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานและผู้ทำการบำรุงรักษาในด้านต่อไปนี้

- ความสามารถในการเข้าถึงได้ของส่วนต่าง ๆ ที่มีอุณหภูมิสูง

- ความสามารถในการเข้าถึงได้ของส่วนต่าง ๆ ที่มีไฟฟ้า

- ความสามารถในการเข้าถึงได้ของส่วนต่าง ๆ ที่เคลื่อนที่

- การเข้าถึงได้สำหรับการบำรุงรักษา ถ้าต้องการ

2) หากการติดตั้งหม้อแปลงอาจส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยในปัจจุบันต่าง ๆ ข้างต้น จะต้องมีการคำแนะนำในการติดตั้งที่เหมาะสมให้ไว้ด้วย



## 8. การทดสอบเพื่อส่งมอบงาน

### 8.1 การทดสอบความสามารถในการทนวัฏจักรโหลดที่กำหนด

1) ให้ดำเนินการทดสอบการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิตามมาตรฐาน มอก. 384 หรือมาตรฐาน IEC 60076-2 หรือมาตรฐาน IEC 60076-11 หรือมาตรฐาน IEC 60076-15 โดยให้ใช้กระแสบริการที่กำหนดเป็นหลัก ในการหาค่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ

2) ให้ใช้วัฏจักรโหลดที่ตกลงร่วมกันระหว่างผู้ซื้อกับผู้ทำ หรือใช้ตัวแทนที่สมนัยกันดังแสดงใน ภาคผนวก ก.

3) การทดสอบความสามารถในการทนวัฏจักรโหลดที่กำหนดนี้ให้ดำเนินการเฉพาะกับหม้อแปลง สำหรับโหลดขับเคลื่อนแบบหนึ่งเฟส หม้อแปลงสำหรับโหลดขับเคลื่อนแบบสามเฟสเป็นสองเฟส หม้อแปลงอโต้หนึ่งเฟส และหม้อแปลงบูสเตอร์หนึ่งเฟส

### 8.2 การทดสอบความสามารถในการทนต่อการลัดวงจร

ให้ดำเนินการทดสอบความสามารถในการทนต่อการลัดวงจรตามมาตรฐาน มอก.384 หรือมาตรฐาน IEC 60076-5 หรือมาตรฐาน IEC 62695 โดยดำเนินการเฉพาะกับหม้อแปลงสำหรับโหลดขับเคลื่อนแบบหนึ่งเฟส หม้อแปลงสำหรับโหลดขับเคลื่อนแบบสามเฟสเป็นสองเฟส หม้อแปลงอโต้หนึ่งเฟส และหม้อแปลง บูสเตอร์หนึ่งเฟส

## 9. การปฏิบัติงานและการบำรุงรักษา

1) การบำรุงรักษาแบบตรวจสอบประจำตามระยะเวลาที่กำหนด ควรมีการตรวจสอบประจำอย่างน้อย ปีละครั้ง โดยหัวข้อต้องประกอบไปด้วย

- การวัดค่าความต้านทานขดลวด
- การวัดค่าอัตราส่วนแรงดันและการตรวจสอบกระจัดเฟส
- การวัดค่าอิมพีแดนซ์ลัดวงจร
- การวัดค่าความสูญเสียมีโหลด
- การวัดค่าความสูญเสียขณะไม่มีโหลด
- การทดสอบประจำไดอิเล็กตริก
- การทดสอบอุปกรณ์ปรับเปลี่ยนจุดต่อแยกมีโหลด

2) การทดสอบดังกล่าวให้ดำเนินการตามมาตรฐาน มอก. 384 หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า



## 10. การทำงานร่วมกันได้

หม้อแปลงสำหรับโหลดขับเคลื่อนของเส้นทางสายประธานข้ามเขตประเทศไม่มีผลกระทบต่อการทำงานร่วมกันของระบบรถไฟฟ้า สำหรับกรณีที่ใช้ระดับแรงดันไฟฟ้าระบบสายสัมผัสเหนือศีรษะเดียวกัน



## ภาคผนวก ก.

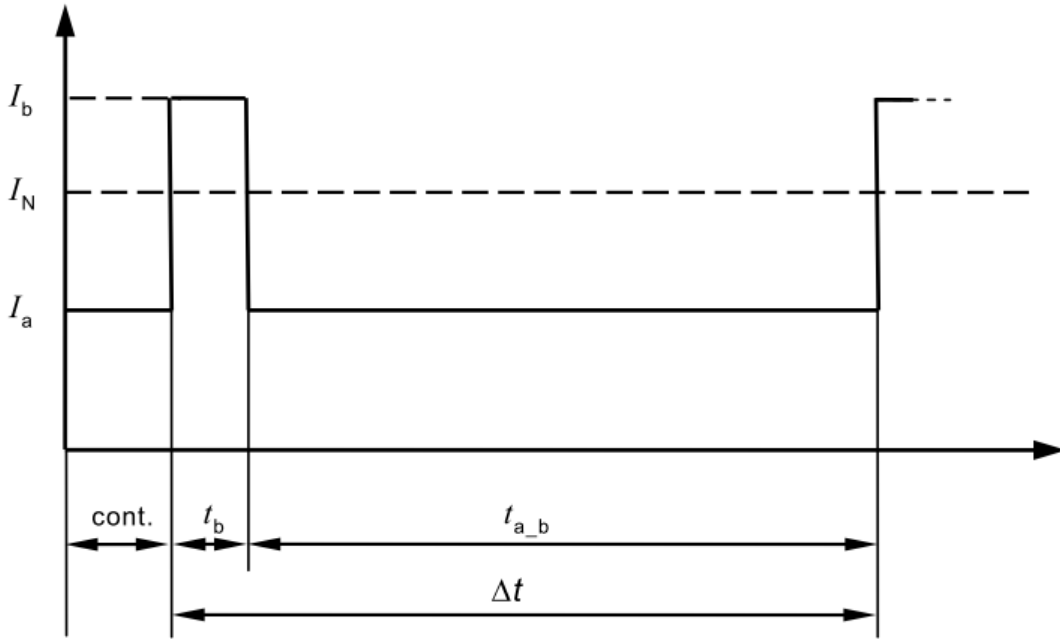
## ตารางที่ ก-1 ประเภทของหน้าที่

ประเภทของหน้าที่	ตัวระบุ (Id.)	ค่าต่อหน่วยของกระแสพื้นฐาน( $I_B$ )	ค่าต่อหน่วยของกระแสกำหนด( $I_N$ )	ภาวะเริ่มต้น	ระยะเวลา	ช่วงเวลา	การใช้โดยทั่วไป	หมายเหตุ
I	-	1	1	-	Cont.	-	ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ	
IA	a	1	0.9	-	Cont.		ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ	
	b	1.7	1.494	a	480 s	3120 s		
IB	a	1	0.873	-	Cont.	-	ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ	
	b	2.2	1.903	a	300 s	3300 s		
IC	a	1	0.691	-	Cont.	-	ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ	
	b	2.7	1.901	a	300 s	1500 s		
ID	a	1	0.668	-	Cont.	-	ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ	
	b	3.7	2.446	a	180 s	1620 s		
IE	a	1	0.652	-	Cont.	-	ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ	
	b	4.6	3.007	a	120 s	1680 s		
IF	a	1	0.959	-	Cont.	-	ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ	
	b	3	2.876	a	120 s	3 h		
VI	a	1	0.823	-	Cont.	-	รถไฟสาย ประธาน	
	b	1.5	1.234	a	2 h	3 h		
	c	3	2.468	a	60 s	1800 s		
IXA	a	1	0.785	-	Cont.	-	รถไฟสาย ประธาน	
	b	1.5	1.177	a	2 h	-		
	c	3	2.355	b	300 s	3 h		
IXB	a	1	0.658	-	Cont.	-	รถไฟสาย ประธาน	
	b	2	1.315	a	2 h	-		
	c	3	1.937	b	300 s	3 h		
JP	a	1	0.912	-	Cont.		รถไฟสาย ประธาน	
	b	1.2	1.095	a	2 h			
	c	3	2.736	b	60 s	3 h		
CN	a	1	0.8	-	354 min		รถไฟสาย ประธาน	
	b	2	2	a	60 min			
	c	3	3	b	2 min	300 min		

ที่มา: IEC 62695:2014, Railway applications – Fixed installations – Traction transformers



รูปต่อไปนี้เป็นวัฏจักรการทดสอบที่แนะนำสำหรับการทดสอบการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสำหรับหม้อแปลงสำหรับโหลดขับเคลื่อน ที่มีการกำหนดตามประเภทของหน้าที่ตามตารางที่ ก-1



รูปที่ ก-1 วัฏจักรการทดสอบสำหรับประเภทหน้าที่ IA ถึง IF

ที่มา: IEC 62695:2014, Railway applications – Fixed installations – Traction transformers

เมื่อ Cont. คือ คาบการให้ความร้อนก่อน การฉีดกระแส  $I_a$  จนกระทั่งอุณหภูมิของขดลวดต่างๆ ไปถึงค่าคงตัว

$I_a$  คือ กระแสบริการในภาวะโหลดพื้นฐาน

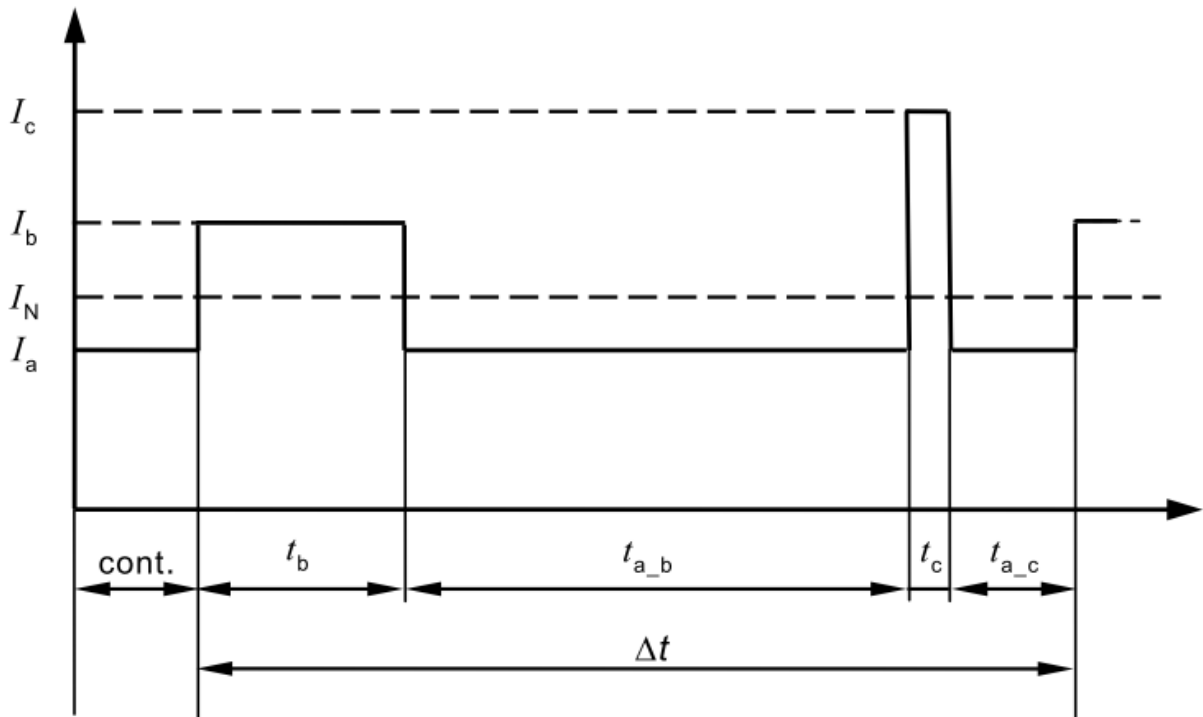
$I_b$  คือ กระแสเกิน  $b$

$I_N$  คือ กระแสที่กำหนด

$t_{a_b}$  คือ คาบการเย็นลงที่กระแส  $I_a$  ภายหลังจากโหลดเกินที่กระแส  $I_b$

$t_b$  คือ ระยะเวลาของโหลดเกิน กระแส  $I_b$

$\Delta t$  คือ ระยะเวลาของวัฏจักรการทดสอบที่ประกอบไปด้วยโหลดเกินและคาบการเย็นลง



รูปที่ ก-2 วัฏจักรการทดสอบสำหรับประเภทหน้า VI

ที่มา: IEC 62695:2014, Railway applications – Fixed installations – Traction transformers

เมื่อ Cont. คือ คาบการให้ความร้อนก่อน การฉีดกระแส  $I_a$  จนกระทั่งอุณหภูมิของขดลวดต่างๆ ไปถึงค่าคงตัว

$I_a$  คือ กระแสบริการในภาวะโหลดพื้นฐาน

$I_b$  คือ กระแสเกิน b

$I_c$  คือ กระแสเกิน c

$I_N$  คือ กระแสที่กำหนด

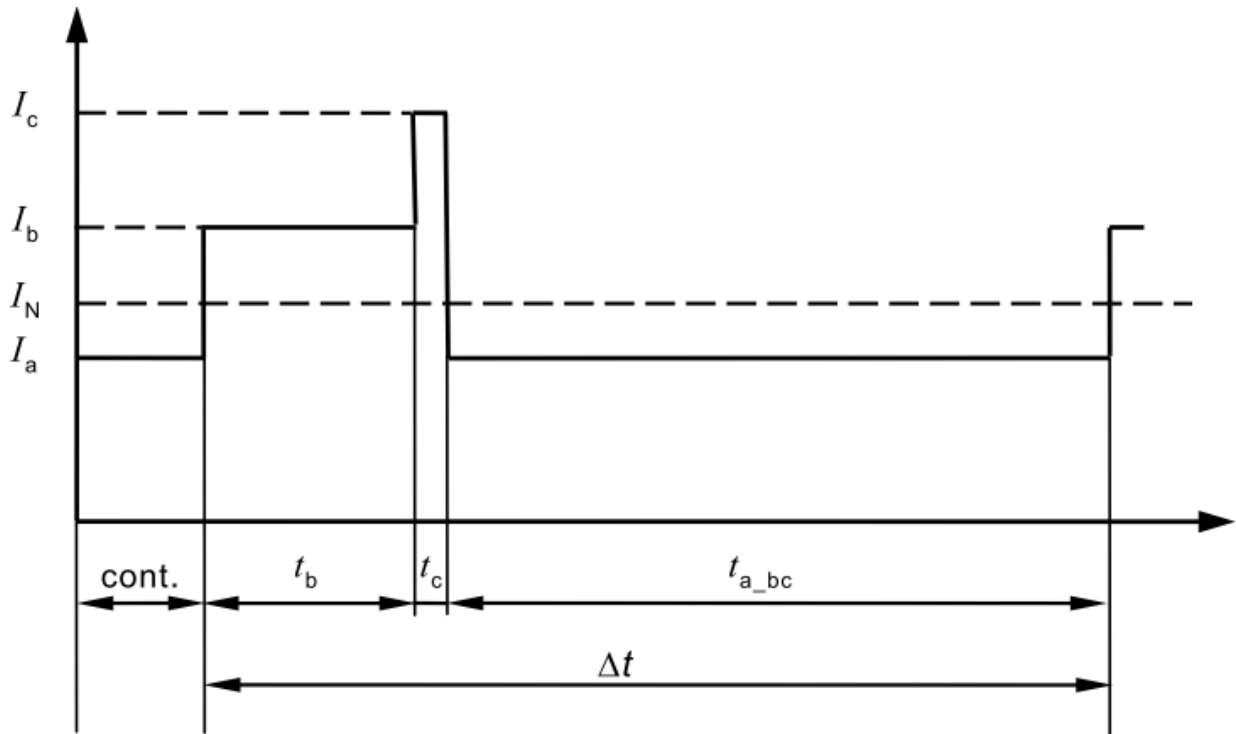
$t_{a\_b}$  คือ คาบการเย็นลงที่กระแส  $I_a$  ภายหลังโหลดเกินที่กระแส  $I_b$

$t_{a\_c}$  คือ คาบการเย็นลงที่กระแส  $I_a$  ภายหลังโหลดเกินที่กระแส  $I_c$

$t_b$  คือ ระยะเวลาของโหลดเกิน กระแส  $I_b$

$t_c$  คือ ระยะเวลาของโหลดเกิน กระแส  $I_c$

$\Delta t$  คือ ระยะเวลาของวัฏจักรการทดสอบที่ประกอบไปด้วยโหลดเกินและคาบการเย็นลง



รูปที่ ก-3 วัฏจักรการทดสอบสำหรับประเภทหน้าที่ IX กับ JP

ที่มา: IEC 62695:2014, Railway applications – Fixed installations – Traction transformers

เมื่อ Cont. คือ คาบการให้ความร้อนก่อน การฉีดกระแส  $I_a$  จนกระทั่งอุณหภูมิของขดลวดต่างๆ ไปถึงค่าคงตัว

$I_a$  คือ กระแสบริการในภาวะโหลดพื้นฐาน

$I_b$  คือ กระแสเกิน b

$I_c$  คือ กระแสเกิน c

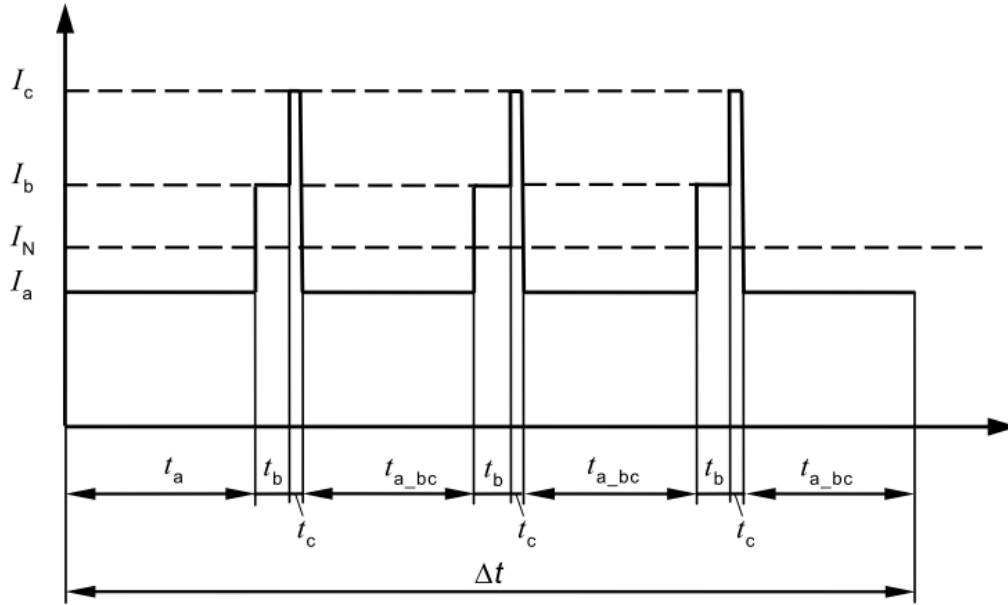
$I_N$  คือ กระแสที่กำหนด

$t_{a\_bc}$  คือ คาบการเย็นลงที่กระแส  $I_a$  ภายหลังโหลดเกินสะสมที่กระแส  $I_b$  และกระแส  $I_c$

$t_b$  คือ ระยะเวลาของโหลดเกิน กระแส  $I_b$

$t_c$  คือ ระยะเวลาของโหลดเกิน กระแส  $I_c$

$\Delta t$  คือ ระยะเวลาของวัฏจักรการทดสอบที่ประกอบไปด้วยโหลดเกินและคาบการเย็นลง



รูปที่ ก-4 วัฏจักรการทดสอบสำหรับประเภทหน้าที่ CN

ที่มา: IEC 62695:2014, Railway applications – Fixed installations – Traction transformers

เมื่อ  $I_a$  คือ กระแสบริการในภาวะโหลดพื้นฐาน

$I_b$  คือ กระแสเกิน b

$I_c$  คือ กระแสเกิน c

$I_N$  คือ กระแสที่กำหนด

$t_{a\_bc}$  คือ คาบการเย็นลงที่กระแส  $I_a$  ภายหลังโหลดเกินสะสมที่กระแส  $I_b$  และกระแส  $I_c$

$t_b$  คือ ระยะเวลาของโหลดเกิน กระแส  $I_b$

$t_c$  คือ ระยะเวลาของโหลดเกิน กระแส  $I_c$

$\Delta t$  คือ ระยะเวลาของวัฏจักรการทดสอบที่ประกอบไปด้วยโหลดเกินและคาบการเย็นลง