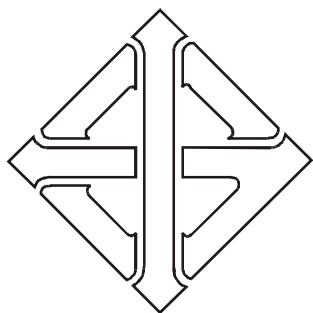




มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 866 – 2550

มอเตอร์เหนี่ยวนำ

INDUCTION MOTORS

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 29.160.30

ISBN 978-974-292-384-6

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอเตอร์เหนี่ยวนำ

มอก. 866—2550

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 124 ตอนพิเศษ 73 ง
วันที่ 15 มิถุนายน พุทธศักราช 2550

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 402
มาตรฐานมอเตอร์ไฟฟ้า

ประธานกรรมการ

นายไชยะ แซ่มซ้อย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรรมการ

รศ.พิชิต ล้ายอง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นางนพมาศ ไตรวรวิกร

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
การไฟฟ้านครหลวง

นายมนตรี นันทนุรักษ์

นายสำเริง อายุวงศ์

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

นายสุเมธ อักษรกิตติ์

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

นายจักกฤษ สุขสมกิจ

บริษัท ไทยโตชิบา อุตสาหกรรม จำกัด

นายอุดม วงศ์ศิริพคุณ

บริษัท ไทยออยล์ จำกัด

นายธนา ทรัพย์อนันตชัย

บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)

นายพิทักษ์ นามกร

บริษัท มิตซูบิชิ อิเล็กทริก ออโตเมชั่น (ประเทศไทย) จำกัด

นางสาวสุชสาคร เจริญสุข

นายชุมพร สุขสุวรรณ

บริษัท ยามาฮ่า อิเล็กทริก จำกัด

นายศิริโชติ สิงห์ษา

บริษัท เอบีบี จำกัด

กรรมการและเลขานุการ

นายวุฒิพงศ์ คงเจริญ

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอเตอร์เหนี่ยวนำนี้ ได้ประกาศใช้ครั้งแรกเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียว มาตรฐานเลขที่ มอก.866-2532 ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 106 ตอนที่ 140 วันที่ 29 สิงหาคม พุทธศักราช 2532 ต่อมาได้พิจารณาเห็นสมควรแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้ทันสมัย และเป็นไปตามมาตรฐานอ้างอิงฉบับล่าสุดและครอบคลุมถึงมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวและมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส จึงได้แก้ไขปรับปรุงโดยการยกเลิกมาตรฐานเดิมและกำหนดมาตรฐานนี้ขึ้นใหม่

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้นโดยรับ IEC 60034-1(2004-04) Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance มาใช้ในระดับดัดแปลง (modified) และมีรายละเอียดการดัดแปลงที่สำคัญดังต่อไปนี้

- แก้ไขข้อความในข้อ 1. โดยการกำหนดขอบข่ายของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมให้ครอบคลุมเฉพาะ มอเตอร์เหนี่ยวนำแทนการกำหนดขอบข่ายให้ครอบคลุมเครื่องจักรกลไฟฟ้าชนิดหมุน (rotating electrical machine)
- แก้ไขข้อความในข้อ 2. ข้อ 8.1 ข้อ 13.3.1 ข้อ 13.3.2 ข้อ 13.5 ข้อ 14. และภาคผนวก ข. โดยการอ้างอิงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ได้ประกาศกำหนดแล้วแทนมาตรฐาน IEC
- แก้ไขข้อความในข้อ 2. ถึงข้อ 14. ที่ไม่เกี่ยวข้องกับมอเตอร์เหนี่ยวนำ โดยข้อกำหนดจะระบุว่า “ไม่มีข้อความ” แทนข้อความดังกล่าว

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตาม มาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 3704 (พ.ศ. 2550)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียว

และกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มอเตอร์เหนี่ยวนำ

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียว มาตรฐานเลขที่ มอก.866-2532

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1518 (พ.ศ. 2532) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียว ลงวันที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2532 และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอเตอร์เหนี่ยวนำ มาตรฐานเลขที่ มอก.866-2550 ขึ้นใหม่ ดังมีรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้
ทั้งนี้ให้มีผลตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 7 มีนาคม พ.ศ. 2550

โสมิต ปันเปี่ยมรัษฎ์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มอเตอร์เหนี่ยวนำ

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเฉพาะมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวที่มีกำลังออกที่กำหนดไม่เกิน 3.7 กิโลวัตต์ แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 250 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ และมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสที่มีกำลังออกที่กำหนดไม่เกิน 500 กิโลวัตต์ ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า “มอเตอร์”
- 1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไม่ครอบคลุมถึงมอเตอร์เหนี่ยวนำชนิดพิเศษ เช่น มอเตอร์เหนี่ยวนำที่ใช้ในรถไฟฟ้าหรือยานพาหนะ

2. เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิงที่ระบุต่อไปนี้จะประกอบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ เอกสารอ้างอิงฉบับที่ระบุปีที่พิมพ์ให้ใช้ฉบับที่ระบุเท่านั้น เอกสารอ้างอิงฉบับที่ไม่ได้ระบุปีที่พิมพ์ให้ใช้ฉบับล่าสุด (รวมถึงเอกสารอ้างอิงฉบับที่แก้ไขเพิ่มเติม)

IEC 60027-1	Letter symbols to be used in electrical technology – Part 1: General
IEC 60027-4	Letter symbols to be used in electrical technology – Part 4: Symbols for quantities to be used for rotating electrical machines
IEC 60034-2	Rotating electrical machines – Part 2: Methods for determining losses and efficiency of rotating electrical machinery from tests (excluding machines for traction vehicles)
IEC 60034-5	Rotating electrical machines – Part 5: Degrees of protection provided by the integral design of rotating electrical machines (IP code)– Classification
IEC 60034-6	Rotating electrical machines – Part 6: Methods of cooling (IC code)
IEC 60034-8	Rotating electrical machines – Part 8: Terminal markings and direction of rotation
IEC 60034-12	Rotating electrical machines – Part 12: Starting performance of single-speed three-phase cage induction motors

IEC 60034-15	Rotating electrical machines – Part 15: Impulse voltage withstand levels of rotating a.c. machines with form-wound stator coils
IEC 60034-17	Rotating electrical machines – Part 17: Cage induction motors when fed from converters – Application guide
IEC 60034-18(all parts)	Rotating electrical machines – Functional evaluation of insulating systems
IEC 60038	IEC standard voltages
IEC 60050(411):1996	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 411: Rotating machines
IEC 60060-1	High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements
IEC 60072(all parts)	Dimensions and output series for rotating electrical machines
IEC 60204-1	Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements
IEC 60204-11	Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 11: Requirements for HV equipment for voltages above 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c. and not exceeding 36 kV
IEC 60279	Measurement of the winding resistance of an a.c. machine during operation at alternating voltage
IEC 60445	Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of equipment terminals and of terminations of certain designated conductors, including general rules for an alphanumeric system
IEC 60971	Semiconductor convertors. Identification code for convertor connections
IEC 61293	Marking of electrical equipment with ratings related to electrical supply – Safety requirement
IEC 61986	Rotating electrical machines – Equivalent loading and super-position techniques – Indirect testing to determine temperature rise
CISPR 14	Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus
CISPR 16	Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods

มอก.1375-2547	ความปลอดภัยของเครื่องใช้ไฟฟ้าสำหรับใช้ในที่อยู่อาศัยและเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นที่คล้ายกัน ข้อกำหนดทั่วไป
มอก. 1441-2545	อุปกรณ์และวิธีการวัดสัญญาณรบกวนวิทยุและภูมิคุ้มกัน เล่ม 1 อุปกรณ์วัดสัญญาณรบกวนวิทยุและภูมิคุ้มกัน
มอก. 1441 เล่ม 2-2548	ข้อกำหนดสำหรับอุปกรณ์และวิธีการวัดสัญญาณรบกวนวิทยุและภูมิคุ้มกัน เล่ม 1-2 อุปกรณ์วัดสัญญาณรบกวนและภูมิคุ้มกัน - บริภัณฑ์ช่วย - สัญญาณรบกวนที่นำตามสาย
มอก. 1441 เล่ม 3-2549	ข้อกำหนดสำหรับอุปกรณ์และวิธีการวัดสัญญาณรบกวนวิทยุและภูมิคุ้มกัน เล่ม 1-3 อุปกรณ์วัดสัญญาณรบกวนวิทยุและภูมิคุ้มกัน - บริภัณฑ์ช่วย - กำลังไฟฟ้ารบกวน
มอก. 1441 เล่ม 4-2549	ข้อกำหนดสำหรับอุปกรณ์และวิธีการวัดสัญญาณรบกวนวิทยุและภูมิคุ้มกัน เล่ม 1-4 อุปกรณ์วัดสัญญาณรบกวนวิทยุและภูมิคุ้มกัน - บริภัณฑ์ช่วย - สัญญาณรบกวนที่แผ่ออก
มอก. 1441 เล่ม 5-2549	ข้อกำหนดสำหรับอุปกรณ์และวิธีการวัดสัญญาณรบกวนวิทยุและภูมิคุ้มกัน เล่ม 1-5 อุปกรณ์วัดสัญญาณรบกวนวิทยุและภูมิคุ้มกัน - สถานที่ทดสอบเทียบสายอากาศสำหรับ 30 เมกะเฮิรตซ์ ถึง 1 000 เมกะเฮิรตซ์
มอก.2212-2548	ระบบฉนวนไฟฟ้า-การจัดประเภททางความร้อน
มอก.2237-2548	บริภัณฑ์ความถี่วิทยุในทางอุตสาหกรรม ทางวิทยาศาสตร์และทางการแพทย์ : ชีตจำกัดสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า
มอก.2238-2548	เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย เครื่องมือไฟฟ้าและเครื่องสำเร็จที่คล้ายกัน : ชีตจำกัดสัญญาณรบกวนวิทยุ

3. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ให้เป็นไปตาม IEC 60050(411) และดังต่อไปนี้
สำหรับบทนิยามที่เกี่ยวข้องกับการระบายความร้อนและสารหล่อเย็น นอกเหนือจากที่ระบุในข้อ 3.17 ถึงข้อ 3.22 ให้เป็นไปตาม IEC 60034-6

สำหรับจุดประสงค์ของมาตรฐานนี้ คำว่า “ข้อตกลง” ต่อไปนี้จะหมายถึง “ข้อตกลงระหว่างผู้ทำกับผู้ซื้อ”

3.1 ค่าที่กำหนด (rated value)

ค่าของปริมาณที่โดยทั่วไปผู้ทำกำหนดไว้สำหรับภาวะการทำงานที่ระบุของมอเตอร์

หมายเหตุ แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดหรือพิสัยแรงดันไฟฟ้า คือ แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดหรือพิสัยแรงดันไฟฟ้าระหว่างสายที่ขั้วต่อ

3.2 พิกัด (rating)

ชุดของค่าที่กำหนดและภาวะการทำงาน

3.3 ค่าด้านออกที่กำหนด (rated output)

ค่าด้านออกที่รวมอยู่ในพิกัด

3.4 โหลด (load)

ค่าของปริมาณทางกลทั้งหมดที่กระทำแก่มอเตอร์ที่ขณะใดขณะหนึ่ง

3.5 (การทำงาน)ไม่มีโหลด (no-load (operation))

สถานะของมอเตอร์ที่หมุนโดยที่กำลัออกเป็นศูนย์ (แต่ก็อยู่ในภาวะการทำงานตามปกติ)

3.6 โหลดเต็มพิกัด (full load)

โหลดที่ทำให้มอเตอร์ทำงานที่พิกัด

3.7 ค่าโหลดเต็มพิกัด (full load value)

ค่าปริมาณสำหรับมอเตอร์ทำงานที่โหลดเต็มพิกัด

หมายเหตุ แนวคิดนี้ใช้กับกำลัง ทอร์ก กระแสไฟฟ้า ความเร็วรอบ ฯลฯ

3.8 การตัดพลังงานและพัก (de-energized and rest)

การตัดการป้อนไฟฟ้า และหยุดการเคลื่อนไหวทั้งหมด

3.9 หน้าที่ (duty)

การแสดงรายละเอียดของมอเตอร์เกี่ยวกับโหลด รวมถึง (ถ้ามี) คาบการเริ่มเดินเครื่อง การเบรกทางไฟฟ้า ไม่มีโหลด และพักและตัดพลังงาน และรวมถึงระยะเวลาและลำดับก่อนหลังด้วย

3.10 ชนิดของหน้าที่ (duty type)

หน้าที่ต่อเนื่อง ระยะสั้น หรือเป็นคาบ ประกอบด้วยโหลดหนึ่งชุดหรือหลายชุดคงตัวสำหรับระยะเวลาตามที่ระบุ หรือหน้าที่ไม่เป็นคาบซึ่งโดยทั่วไปโหลดและความเร็วรอบแปรผันอยู่ในพิสัยการทำงานที่ยอมรับได้

3.11 ตัวประกอบช่วงเวลาวัฏจักร (cyclic duration factor)

อัตราส่วนระหว่างคาบของการให้โหลด รวมถึงการเริ่มเดินเครื่องและการเบรกทางไฟฟ้า กับระยะเวลาของวัฏจักรหน้าที่ แสดงเป็นร้อยละ

3.12 ทอร์กล็อกโรเตอร์ (locked-rotor torque)

ทอร์กต่ำสุดที่วัดได้ซึ่งเกิดขึ้นที่เพลามอเตอร์เมื่อล็อกโรเตอร์ ที่ตำแหน่งเชิงมุมทุกตำแหน่งของโรเตอร์ขณะที่ป้อนแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดและความถี่ที่กำหนด

3.13 กระแสไฟฟ้าล๊อคโรเตอร์ (locked rotor current)

กระแสไฟฟ้าค่ารากกำลังสองเฉลี่ย (r.m.s.) ในสถานะคงตัวค่าสูงสุด ซึ่งป้อนให้แก่มอเตอร์เมื่อล๊อคโรเตอร์ที่ตำแหน่งเชิงมุมทุกตำแหน่งของโรเตอร์ขณะที่ป้อนแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดและความถี่ที่กำหนด

3.14 ทอร์กจุดขึ้น (pull-up torque)

ทอร์กอะซิงโครนัสในสถานะคงตัวค่าต่ำสุด ที่เกิดขึ้นระหว่างความเร็วรอบเป็นศูนย์ กับความเร็วรอบซึ่งสมนัยกับทอร์กเบรกดาวน เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดและความถี่ที่กำหนดให้แก่มอเตอร์

บทนิยามนี้ไม่ใช้กับมอเตอร์ที่ทอร์กลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น

หมายเหตุ นอกจากทอร์กอะซิงโครนัสในสถานะคงตัวแล้ว ทอร์กซิงโครนัสฮาร์มอนิกซึ่งเป็นฟังก์ชันของมุมโรเตอร์ที่มีไหลจะเกิดขึ้นที่ความเร็วรอบจำเพาะ

ที่ความเร็วรอบเช่นนั้น ทอร์กแรงอาจเป็นลบที่ค่ามุมโรเตอร์ที่มีไหลบางมุม

จากประสบการณ์และการคำนวณแสดงให้เห็นว่าจะเกิดภาวะการทำงานที่ไม่เสถียร ด้วยเหตุนี้ทอร์กซิงโครนัสฮาร์มอนิกจึงไม่ป้องกันการเร่งมอเตอร์ และไม่รวมอยู่ในบทนิยามนี้

3.15 ทอร์กเบรกดาวน (breakdown torque)

ทอร์กอะซิงโครนัสในสถานะคงตัวค่าสูงสุด ที่เกิดขึ้นโดยที่ความเร็วรอบไม่ลดลงอย่างฉับพลัน เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดและความถี่ที่กำหนดให้แก่มอเตอร์

บทนิยามนี้ไม่ใช้กับมอเตอร์ที่ทอร์กลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น

3.16 ไม่มีข้อความ

3.17 การระบายความร้อน (cooling)

วิธีการที่จะนำความร้อนซึ่งเป็นผลจากความสูญเสียที่เกิดขึ้นในมอเตอร์ระบายให้สารหล่อเย็นปฐมภูมิซึ่งอาจไหลผ่านอย่างต่อเนื่อง หรืออาจระบายความร้อนเองด้วยสารหล่อเย็นทุติยภูมิในตัวแลกเปลี่ยนความร้อน

3.18 สารหล่อเย็น (coolant)

ตัวกลาง ของเหลวหรือก๊าซ ที่ใช้ถ่ายโอนความร้อน

3.19 สารหล่อเย็นปฐมภูมิ (primary coolant)

ตัวกลาง ของเหลวหรือก๊าซ ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าและสัมผัสกับส่วนของมอเตอร์ และนำความร้อนออกจากส่วนนั้น

3.20 สารหล่อเย็นทุติยภูมิ (secondary coolant)

ตัวกลาง ของเหลวหรือก๊าซ ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าสารหล่อเย็นปฐมภูมิ และนำความร้อนออกจากสารหล่อเย็นปฐมภูมิด้วยตัวแลกเปลี่ยนความร้อน หรือผ่านทางพื้นผิวภายนอกของมอเตอร์

3.21 **ขดลวดที่ระบายความร้อน (ภายใน) โดยตรง** (direct cooled (inner cooled) winding)¹⁾

ขดลวดที่ความร้อนส่วนใหญ่ถูกระบายด้วยการไหลของสารหล่อเย็นที่สัมผัสโดยตรงกับส่วนระบายความร้อน โดยไหลผ่านตัวนำกลาง หลอด ท่อ หรือช่อง ที่ไม่คำนึงถึงการวางทิศทางและเป็นส่วนรวมหน่วยกับขดลวดข้างในฉนวนหลัก

3.22 **ขดลวดที่ระบายความร้อนโดยอ้อม** (indirect cooled winding)¹⁾

ขดลวดใด ๆ ที่ไม่ใช่ขดลวดที่ระบายความร้อนโดยตรง

3.23 **ฉนวนเพิ่มเติม** (supplementary insulation)

ฉนวนอิสระที่ใช้เพิ่มเติมจากฉนวนหลัก เพื่อให้แน่ใจว่าจะป้องกันช็อกไฟฟ้าได้ในกรณีที่ฉนวนหลักล้มเหลว

3.24 **โมเมนต์ความเฉื่อย** (moment of inertia)

ผลรวม (ทั้งหมด) ของผลคูณระหว่างส่วนมวลของวัตถุ กับกำลังสองของระยะห่าง (ในแนวรัศมี) จากแกนที่กำหนด

3.25 **สมดุลความร้อน** (thermal equilibrium)

สถานะเมื่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของส่วนต่าง ๆ ของมอเตอร์ไม่แปรผันมากกว่า 2 เคลวินต่อชั่วโมง

หมายเหตุ สมดุลความร้อนอาจได้จากการเขียนเส้นกราฟของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเทียบกับเวลา เมื่อเส้นตรงระหว่างจุดเริ่มต้นกับจุดสิ้นสุดของ 2 ช่วงเวลาที่เหมาะสมซึ่งติดต่อกัน มีความชันแต่ละช่วงน้อยกว่า 2 เคลวินต่อชั่วโมง

3.26 **เวลาคงตัวสมมูลความร้อน** (thermal equivalent time constant)

เวลาคงตัวที่ใช้แทนเวลาคงตัวหนึ่ง ๆ แต่ละค่าหลาย ๆ ค่า ซึ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในขดลวด โดยประมาณหลังจากกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงเป็นขั้น ๆ

3.27 **ขดลวดหุ้มฉนวน** (encapsulated winding)

ขดลวดที่หุ้มอย่างสมบูรณ์หรือฉนวนด้วยฉนวนหล่อขึ้นรูป

3.28 **ไม่มีข้อความ**

3.29 **ไม่มีข้อความ**

3.30 **เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน** (tolerance)

ค่าเบี่ยงเบนที่ยอมรับได้ ระหว่างค่าของปริมาณที่ระบุกับค่าที่วัดได้

¹⁾ ในกรณีที่ไม่ได้ระบุว่า “โดยตรง” หรือ “โดยอ้อม” ให้หมายถึงขดลวดที่ระบายความร้อนโดยอ้อม

3.31 การทดสอบเฉพาะแบบ (type test)

การทดสอบมอเตอร์ตัวหนึ่งหรือหลายตัวที่ออกแบบไว้ เพื่อแสดงว่าการออกแบบเป็นไปตามข้อกำหนดที่ต้องการ

หมายเหตุ การทดสอบเฉพาะแบบเพียงครั้งเดียวอาจถือว่าใช้ได้ ถ้ามอเตอร์มีค่าเบี่ยงเบนของพิกัดหรือลักษณะเฉพาะอื่นเพียงเล็กน้อย ค่าเบี่ยงเบนเหล่านี้ขึ้นอยู่กับข้อตกลง

3.32 การทดสอบประจำ (routine test)

การทดสอบมอเตอร์แต่ละตัวในระหว่างหรือหลังจากการทำ เพื่อตรวจสอบว่ามอเตอร์แต่ละตัวเป็นไปตามเกณฑ์ที่ต้องการ

4. หน้าที่

4.1 การแจ้งรายละเอียดของหน้าที่

เป็นความรับผิดชอบของผู้ซื้อในการแจ้งรายละเอียดของหน้าที่ ผู้ซื้ออาจอธิบายหน้าที่โดยวิธีใดวิธีหนึ่ง ดังต่อไปนี้

ก) เป็นตัวเลข เมื่อโหลดไม่แปรผัน หรือเมื่อโหลดแปรผันในลักษณะที่ทราบ

ข) เป็นกราฟตามลำดับเวลาของปริมาณที่แปรผันได้

ค) ด้วยการเลือกชนิดของหน้าที่ชนิดใดชนิดหนึ่งจาก S1 ถึง S10 ซึ่งไม่ด้อยกว่าหน้าที่ที่คาดหวัง

ชนิดของหน้าที่ต้องกำหนดโดยอักษรย่อที่เหมาะสม ดังที่ระบุในข้อ 4.2 โดยเขียนต่อจากค่าของโหลด

การแสดงตัวประกอบช่วงเวลาวัฏจักร ระบุไว้ในรูปของหน้าที่ชนิดที่เกี่ยวข้อง

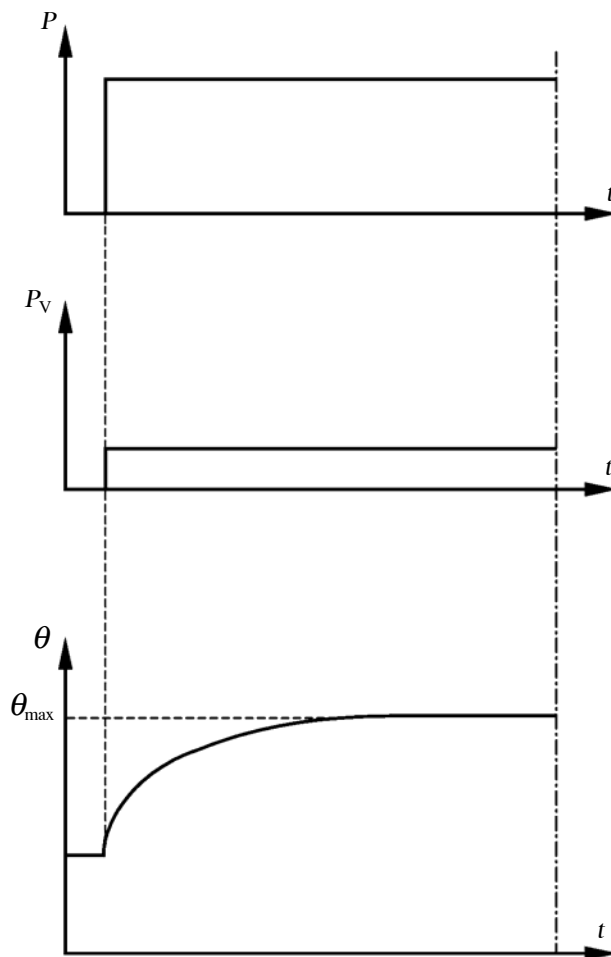
ตามปกติผู้ซื้อไม่สามารถกำหนดค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของมอเตอร์ (J_M) หรือการคาดการณ์อายุใช้งานทางความร้อนสัมพัทธ์ (TL) ดูภาคผนวก ก. ค่าเหล่านี้จะกำหนดโดยผู้ทำ

เมื่อผู้ซื้อไม่แจ้งรายละเอียดของหน้าที่ ผู้ทำต้องใช้หน้าที่ชนิด S1 (หน้าที่ต่อเนื่อง)

4.2 ชนิดของหน้าที่

4.2.1 หน้าที่ชนิด S1 (หน้าที่ต่อเนื่อง)

การทำงานที่โหลดคงตัวเป็นระยะเวลาเพียงพอที่มอเตอร์จะเกิดสมดุลความร้อน แสดงดังรูปที่ 1
อักษรย่อที่เหมาะสม คือ S1



P คือ โหลด

P_v คือ กำลังสูญเสียทางไฟฟ้า

θ คือ อุณหภูมิ

$\theta_{\max}$ คือ อุณหภูมิสูงสุดที่ไปถึง

t คือ เวลา

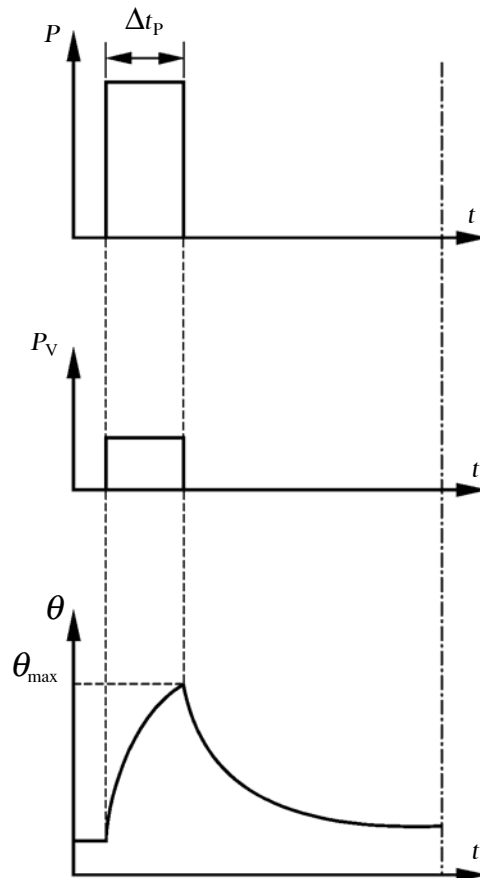
รูปที่ 1 หน้าที่ต่อเนื่อง - หน้าที่ชนิด S1
(ข้อ 4.2.1)

4.2.2 หน้าชนิด S2 (หน้าที่ระยะสั้น)

การทำงานที่โหลดคงตัวในระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งน้อยกว่าเวลาที่จะเกิดสมดุลความร้อน ตามด้วยช่วงเวลาการตัดพลังงานและพักซึ่งมีระยะเวลาเพียงพอที่จะทำให้อุณหภูมิของมอเตอร์ต่างจากอุณหภูมิของสารหล่อเย็นไม่เกิน 2 เคลวิน แสดงดังรูปที่ 2

อักขรย่อที่เหมาะสม คือ S2 ตามด้วยการระบุระยะเวลาของหน้าที่

ตัวอย่างเช่น S2 60 min.



P คือ โหลด

P_V คือ กำลังสูญเสียทางไฟฟ้า

θ คือ อุณหภูมิ

$\theta_{\max}$ คือ อุณหภูมิสูงสุดที่ไปถึง

t คือ เวลา

Δt_P คือ ช่วงเวลาการทำงานที่โหลดคงตัว

รูปที่ 2 หน้าทีระยะสั้น - หน้าชนิด S2

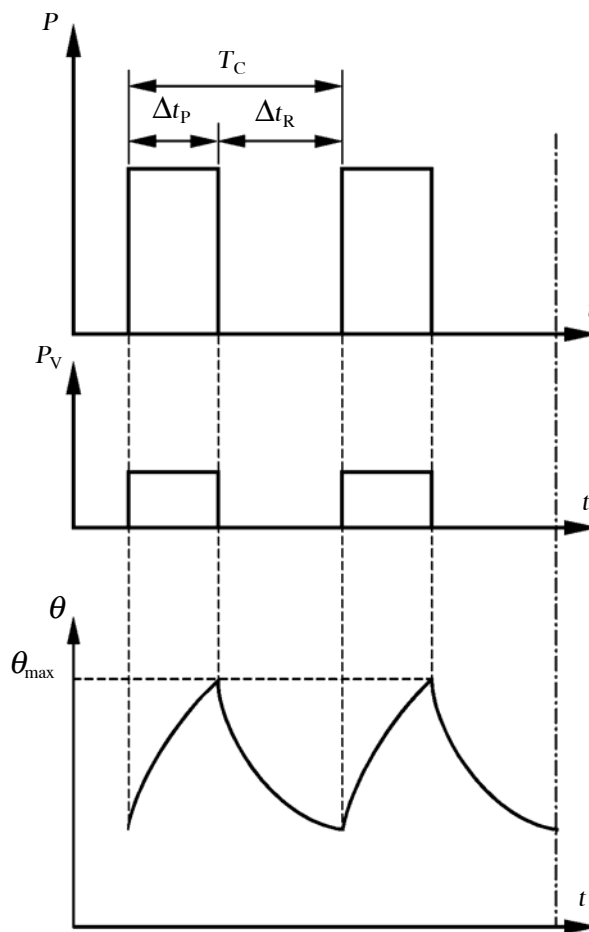
(ข้อ 4.2.2)

4.2.3 หน้าี่ชนิด S3 (หน้าี่ทำงานและพักลับกันเป็นคาบ)²⁾

ลำดับของวัฏจักรหน้าี่ซึ่งเหมือนกัน แต่ละวัฏจักรประกอบด้วยช่วงเวลาการทำงานที่โหลดคงตัวและช่วงเวลาการตัดพลังงานและพักล แสดงดังรูปที่ 3 ในหน้าี่นี้ กระแสไฟฟ้าเริ่มเดินเครื่องของแต่ละวัฏจักรไม่มีผลต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

อักษรย่อที่เหมาะสม คือ S3 ตามด้วยตัวประกอบช่วงเวลาวัฏจักร

ตัวอย่างเช่น S3 25%



P คือ โหลด

P_v คือ กำลังสูญเสียทางไฟฟ้า

θ คือ อุณหภูมิ

$\theta_{\max}$ คือ อุณหภูมิสูงสุดที่ไปถึง

ตัวประกอบช่วงเวลาวัฏจักร = $\Delta t_p / T_c$

t คือ เวลา

T_c คือ ช่วงเวลา 1 วัฏจักรโหลด

Δt_p คือ ช่วงเวลาการทำงานที่โหลดคงตัว

Δt_r คือ ช่วงเวลาการตัดพลังงานและพักล

รูปที่ 3 หน้าี่ทำงานและพักลับกันเป็นคาบ - หน้าี่ชนิด S3

(ข้อ 4.2.3)

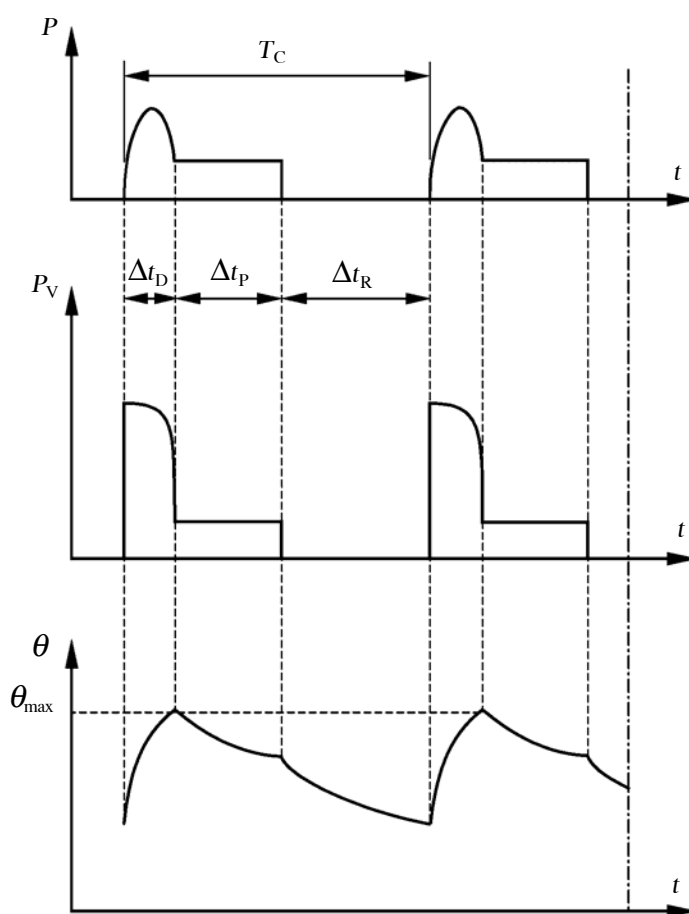
²⁾ หน้าี่เป็นคาบจะไม่เกิดสมดุลความร้อนในระหว่างเวลาที่มีโหลด

4.2.4 หน้าที่ชนิด S4 (หน้าที่ทำงานและพักสลับกันเป็นคาบที่มีการเริ่มเดินเครื่อง)²⁾

ลำดับของวัฏจักรหน้าที่ซึ่งเหมือนกัน แต่ละวัฏจักรประกอบด้วยช่วงเวลาการเริ่มเดินเครื่อง ช่วงเวลาการทำงานที่โหลดคงตัว และช่วงเวลาการตัดพลังงานและพัก แสดงดังรูปที่ 4

อักษรย่อที่เหมาะสม คือ S4 ตามด้วยตัวประกอบช่วงเวลาวัฏจักร โมเมนต์ความเฉื่อยของมอเตอร์ (J_M) และโมเมนต์ความเฉื่อยของโหลด (J_{ext}) โดยทั้งสองค่าอ้างอิงกับเพลามอเตอร์

ตัวอย่างเช่น S4 25% $J_M = 0.15 \text{ kg} \times \text{m}^2$ $J_{ext} = 0.7 \text{ kg} \times \text{m}^2$



P คือ โหลด

P_V คือ กำลังสูญเสียทางไฟฟ้า

θ คือ อุนทภูมิ

θ_{max} คือ อุนทภูมิสูงสุดไปถึง

ตัวประกอบช่วงเวลาวัฏจักร = $(\Delta t_D + \Delta t_P)/T_C$

t คือ เวลา

T_C คือ ช่วงเวลา 1 วัฏจักรโหลด

Δt_D คือ ช่วงเวลาการเริ่มเดินเครื่อง/เร่งเครื่อง

Δt_P คือ ช่วงเวลาการทำงานที่โหลดคงตัว

Δt_R คือ ช่วงเวลาการตัดพลังงานและพัก

รูปที่ 4 หน้าที่ทำงานและพักสลับกันเป็นคาบที่มีการเริ่มเดินเครื่อง - หน้าที่ชนิด S4
(ข้อ 4.2.4)

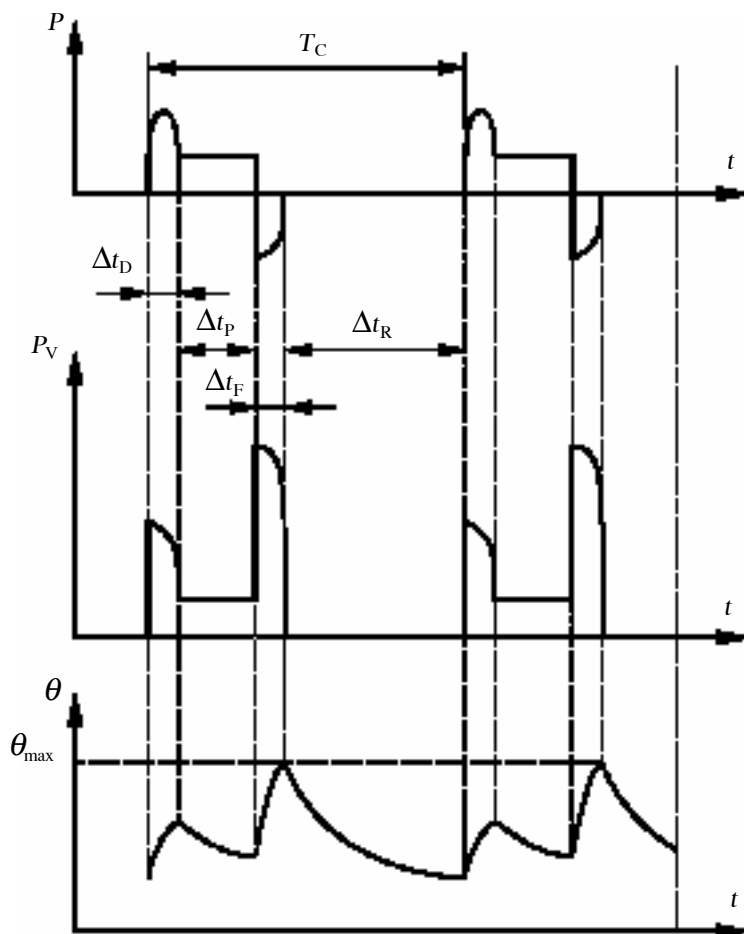
²⁾ หน้าที่เป็นคาบจะไม่เกิดสมดุลความร้อนในระหว่างเวลาที่มีโหลด

4.2.5 หน้าที่ชนิด S5 (หน้าที่ทำงานและพักสลับกันเป็นคาบที่มีการเบรกทางไฟฟ้า)²⁾

ลำดับของวัฏจักรหน้าที่ซึ่งเหมือนกัน แต่ละวัฏจักรประกอบด้วยช่วงเวลาการเริ่มเดินเครื่อง ช่วงเวลาการทำงานที่โหลดคงตัว ช่วงเวลาการเบรกทางไฟฟ้า และช่วงเวลาการตัดพลังงานและพัก แสดงดังรูปที่ 5

อักษรย่อที่เหมาะสม คือ S5 ตามด้วยตัวประกอบช่วงเวลาวัฏจักร โมเมนต์ความเฉื่อยของมอเตอร์ (J_M) และโมเมนต์ความเฉื่อยของโหลด (J_{ext}) โดยทั้งสองค่าอ้างอิงกับเพลามอเตอร์

ตัวอย่างเช่น S5 25% $J_M = 0.15 \text{ kg} \times \text{m}^2$ $J_{ext} = 0.7 \text{ kg} \times \text{m}^2$



P คือ โหลด

P_V คือ กำลังสูญเสียทางไฟฟ้า

θ คือ อุนทภูมิ

θ_{max} คือ อุนทภูมิสูงสุดที่ไปถึง

t คือ เวลา

T_C คือ ช่วงเวลา 1 วัฏจักรโหลด

Δt_D คือ ช่วงเวลาการเริ่มเดินเครื่อง/เร่งเครื่อง

Δt_P คือ ช่วงเวลาการทำงานที่โหลดคงตัว

Δt_F คือ ช่วงเวลาการเบรกทางไฟฟ้า

Δt_R คือ ช่วงเวลาการตัดพลังงานและพัก

ตัวประกอบช่วงเวลาวัฏจักร = $(\Delta t_D + \Delta t_P + \Delta t_F)/T_C$

รูปที่ 5 หน้าที่ทำงานและพักสลับกันเป็นคาบที่มีเบรกทางไฟฟ้า - หน้าที่ชนิด S5

(ข้อ 4.2.5)

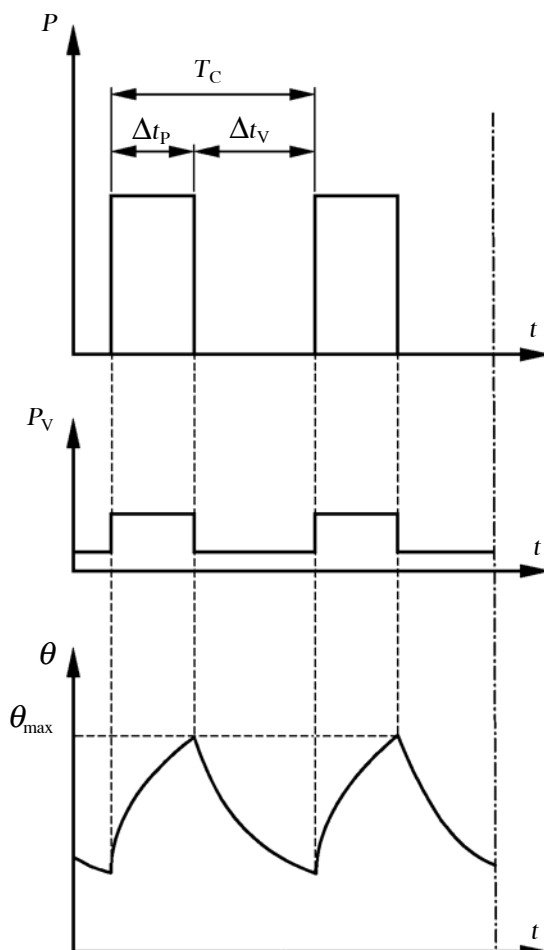
²⁾ หน้าที่เป็นคาบจะไม่เกิดสมดุลความร้อนในระหว่างเวลาที่มีโหลด

4.2.6 หน้าที่ชนิด S6 (หน้าที่เป็นคาบทำงานต่อเนื่อง)²⁾

ลำดับของวัฏจักรหน้าที่ซึ่งเหมือนกัน แต่ละวัฏจักรประกอบด้วยช่วงเวลาการทำงานที่โหลดคงตัว และช่วงเวลาการทำงานที่ไม่มีโหลด ไม่มีช่วงเวลาการตัดพลังงานและพัก แสดงดังรูปที่ 6

อักขรย่อที่เหมาะสม คือ S6 ตามด้วยตัวประกอบช่วงเวลาวัฏจักร

ตัวอย่างเช่น S6 40%



P คือ โหลด

P_V คือ กำลังสูญเสียทางไฟฟ้า

θ คือ อุณหภูมิ

$\theta_{\max}$ คือ อุณหภูมิสูงสุดที่ไปถึง

ตัวประกอบช่วงเวลาวัฏจักร = $\Delta t_P / T_C$

t คือ เวลา

T_C คือ ช่วงเวลา 1 วัฏจักรโหลด

Δt_P คือ ช่วงเวลาการทำงานที่โหลดคงตัว

Δt_V คือ ช่วงเวลาการทำงานที่ไม่มีโหลด

รูปที่ 6 หน้าที่เป็นคาบทำงานต่อเนื่อง - หน้าที่ชนิด S6

(ข้อ 4.2.6)

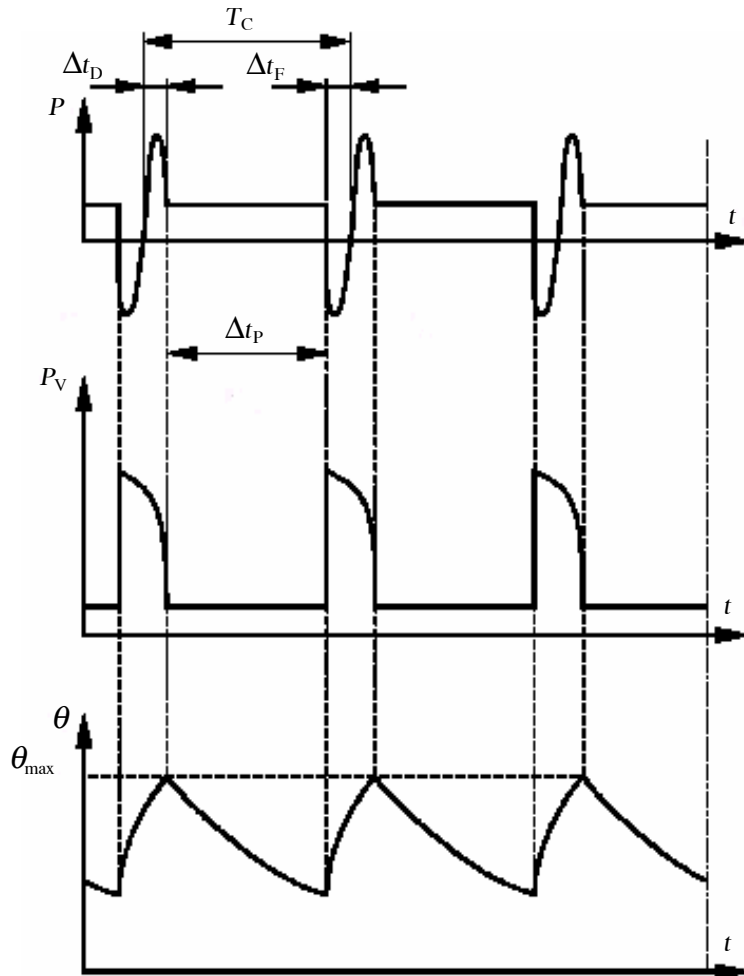
²⁾ หน้าที่เป็นคาบจะไม่เกิดสมดุลความร้อนในระหว่างเวลาที่มีโหลด

4.2.7 หน้าที่ชนิด S7 (หน้าที่เป็นคาบทำงานต่อเนื่องที่มีการเบรกทางไฟฟ้า)²⁾

ลำดับของวัฏจักรหน้าที่ซึ่งเหมือนกัน แต่ละวัฏจักรประกอบด้วยช่วงเวลาการเริ่มเดินเครื่อง ช่วงเวลาการทำงานที่โหลดคงตัว และช่วงเวลาการเบรกทางไฟฟ้า ไม่มีช่วงเวลาการตัดพลังงานและพัก แสดงดังรูปที่ 7

อักษรย่อที่เหมาะสม คือ S7 ตามด้วยโมเมนต์ความเฉื่อยของมอเตอร์ (J_M) และโมเมนต์ความเฉื่อยของโหลด (J_{ext}) โดยทั้งสองค่าอ้างอิงกับเพลามอเตอร์

ตัวอย่างเช่น S7 $J_M = 0.4 \text{ kg} \times \text{m}^2$ $J_{ext} = 7.5 \text{ kg} \times \text{m}^2$



P คือ โหลด

P_V คือ กำลังสูญเสียทางไฟฟ้า

θ คือ อุนทภูมิ

θ_{max} คือ อุนทภูมิสูงสุดที่ไปถึง

ตัวประกอบช่วงเวลาวัฏจักร = 1

t คือ เวลา

T_C คือ ช่วงเวลา 1 วัฏจักรโหลด

Δt_D คือ ช่วงเวลาการเริ่มเดินเครื่อง/เร่งเครื่อง

Δt_P คือ ช่วงเวลาการทำงานที่โหลดคงตัว

Δt_F คือ ช่วงเวลาการเบรกทางไฟฟ้า

รูปที่ 7 หน้าที่เป็นคาบทำงานต่อเนื่องที่มีการเบรกทางไฟฟ้า - หน้าที่ชนิด S7

(ข้อ 4.2.7)

²⁾ หน้าที่เป็นคาบจะไม่เกิดสมดุลความร้อนในระหว่างเวลาที่มีโหลด

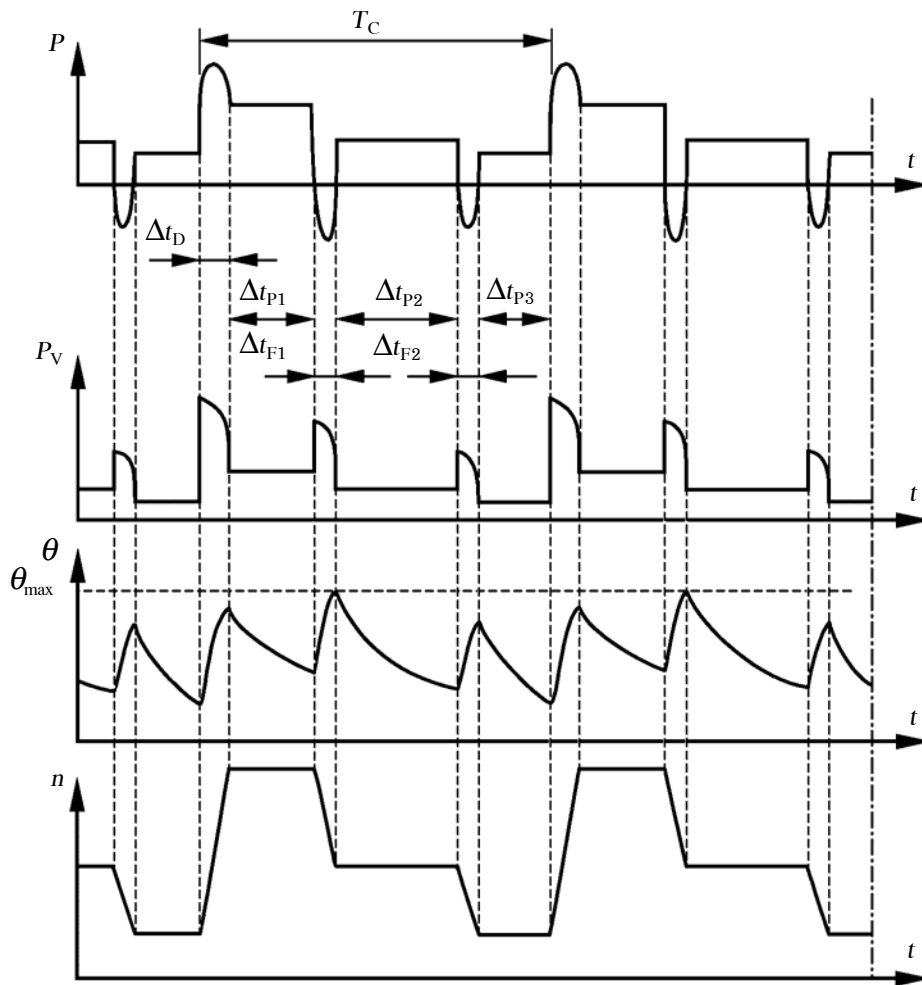
4.2.8 หน้าที่ชนิด S8 (หน้าที่เป็นคาบทำงานต่อเนื่องที่โหลดมีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบที่เปลี่ยนไป)²⁾

ลำดับของวัฏจักรหน้าที่ซึ่งเหมือนกัน แต่ละวัฏจักรประกอบด้วยช่วงเวลาการทำงานที่โหลดคงตัวซึ่งสัมพันธ์กับความเร็วรอบที่ทราบล่วงหน้า ตามด้วยช่วงเวลาหนึ่งหรือหลายช่วงเวลาการทำงานที่โหลดคงตัวอื่น ซึ่งสัมพันธ์กับความเร็วรอบที่ค่าต่าง ๆ (ตัวอย่างเช่น อาจทำได้โดยวิธีเปลี่ยนจำนวนขั้ว) ไม่มีช่วงเวลาการตัดพลังงานและพัก แสดงดังรูปที่ 8

อักษรย่อที่เหมาะสม คือ S8 ตามด้วยโมเมนต์ความเฉื่อยของมอเตอร์ (J_M) และโมเมนต์ความเฉื่อยของโหลด (J_{ext}) โดยทั้งสองค่าอ้างอิงกับเพลามอเตอร์ และมีโหลด ความเร็วรอบ ตัวประกอบช่วงเวลา วัฏจักรสำหรับแต่ละภาวะความเร็วรอบ

ตัวอย่างเช่น S8	$J_M = 0.5 \text{ kg} \times \text{m}^2$	$J_{ext} = 6 \text{ kg} \times \text{m}^2$	16 kW	740 min ⁻¹	30%
			40 kW	1 460 min ⁻¹	30%
			25 kW	980 min ⁻¹	40%

²⁾ หน้าที่เป็นคาบจะไม่เกิดสมดุลความร้อนในระหว่างเวลาที่มีโหลด



P คือ โหลด

P_V คือ กำลังสูญเสียทางไฟฟ้า

θ คือ อุนทภูมิ

$\theta_{\max}$ คือ อุนทภูมิสูงสุดที่ไปถึง

n คือ ความเร็วรอบ

t คือ เวลา

T_C คือ ช่วงเวลา 1 วัฏจักรโหลด

Δt_D คือ ช่วงเวลาการเริ่มเดินเครื่อง/เร่งเครื่อง

Δt_P คือ ช่วงเวลาการทำงานที่โหลดคงตัว (P1, P2, P3)

Δt_F คือ ช่วงเวลาการเบรกทางไฟฟ้า (F1, F2)

ตัวประกอบช่วงเวลาวัฏจักร = $(\Delta t_D + \Delta t_{P1})/T_C$; $(\Delta t_{F1} + \Delta t_{P2})/T_C$; $(\Delta t_{F2} + \Delta t_{P3})/T_C$

รูปที่ 8 หน้าที่เป็นคาบทำงานต่อเนื่องที่โหลดมีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบที่เปลี่ยนไป - หน้าทีชนิด S8

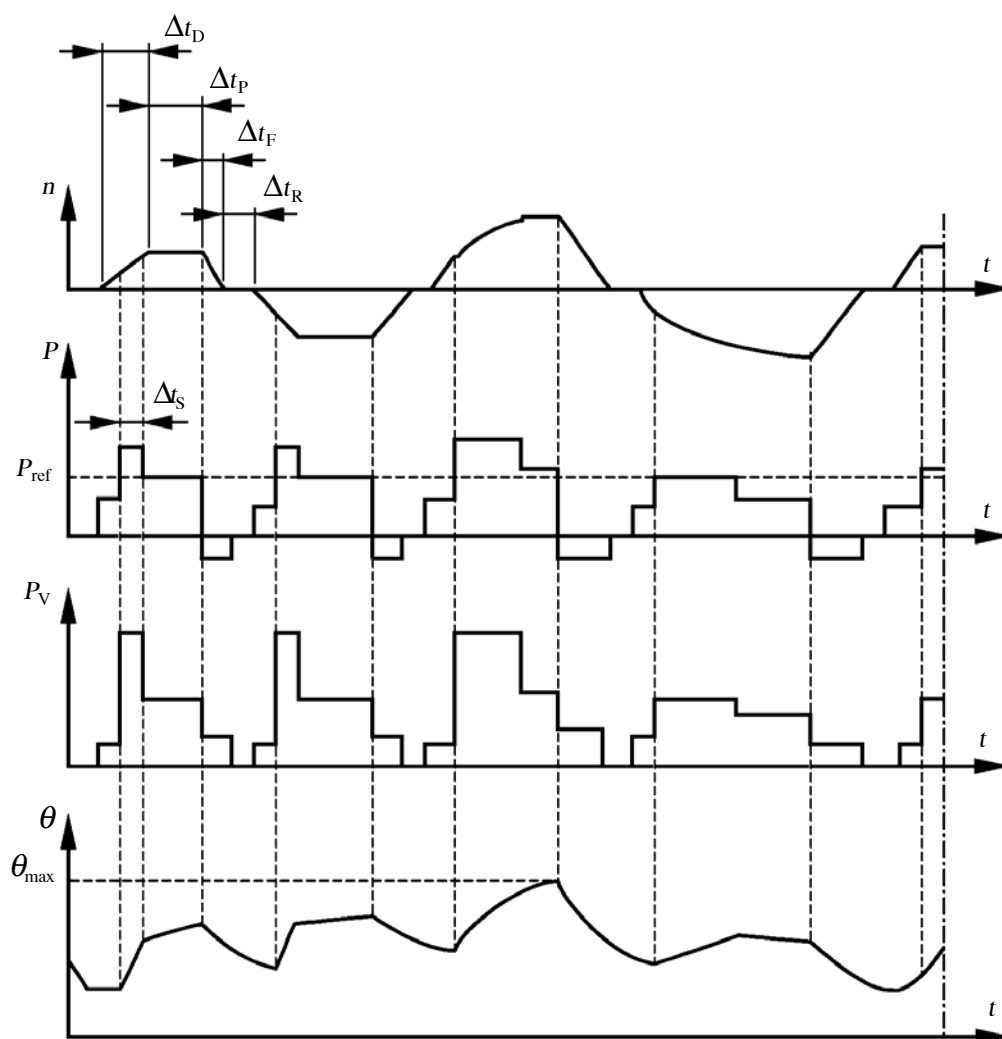
(ข้อ 4.2.8)

4.2.9 หน้าที่ชนิด S9 (หน้าที่ที่มีการแปรผันโหลดและความเร็วรอบไม่เป็นคาบ)

หน้าที่ซึ่งโดยทั่วไปโหลดและความเร็วรอบแปรผันอย่างไม่เป็นคาบภายในพิสัยการทำงานที่ยอมรับได้ หน้าที่นี้รวมถึงโหลดเกินที่ป้อนเข้ามาบ่อย ๆ ซึ่งอาจเกินโหลดอ้างอิงอย่างมากมาย แสดงดังรูปที่ 9

อักขรย่อที่เหมาะสม คือ S9

สำหรับหน้าที่ชนิดนี้ให้เลือกโหลดคงตัวที่เหมาะสมโดยยึดถือตามหน้าที่ชนิด S1 ใช้เป็นค่าอ้างอิง (" P_{ref} " ในรูปที่ 9) สำหรับแนวคิดเรื่องโหลดเกิน



P คือ โหลด

P_{ref} คือ โหลดอ้างอิง

P_v คือ กำลังสูญเสียทางไฟฟ้า

θ คือ อุนทภูมิ

θ_{max} คือ อุนทภูมิสูงสุดที่ไปถึง

n คือ ความเร็วรอบ

t คือ เวลา

Δt_D คือ ช่วงเวลาการเริ่มเดินเครื่อง/เร่งเครื่อง

Δt_P คือ ช่วงเวลาการทำงานที่โหลดคงตัว

Δt_F คือ ช่วงเวลาการเบรกทางไฟฟ้า

Δt_R คือ ช่วงเวลาการตัดพลังงานและพัก

Δt_S คือ ช่วงเวลาที่โหลดเกิน

รูปที่ 9 หน้าที่ที่มีการแปรผันโหลดและความเร็วรอบไม่เป็นคาบ - หน้าที่ชนิด S9

(ข้อ 4.2.9)

4.2.10 หน้าที่ชนิด S10 (หน้าที่ที่มีโหลดและความเร็วรอบคงตัวไม่ต่อเนื่อง)

หน้าที่ซึ่งประกอบด้วยจำนวนจำเพาะของค่าไม่ต่อเนื่องของโหลด (หรือโหลดที่เทียบเท่า) และความเร็วรอบ ถ้าทำได้ให้คงค่าของ โหลด/ความเร็วรอบ รวมกันแต่ละค่าไว้เป็นเวลาเพียงพอที่มอเตอร์จะเกิดสมดุล ความร้อน แสดงดังรูปที่ 10 โหลดต่ำสุดภายในวัฏจักรหน้าที่อาจมีค่าเป็นศูนย์ (ไม่มีโหลดหรือตัดพลังงาน และพัก)

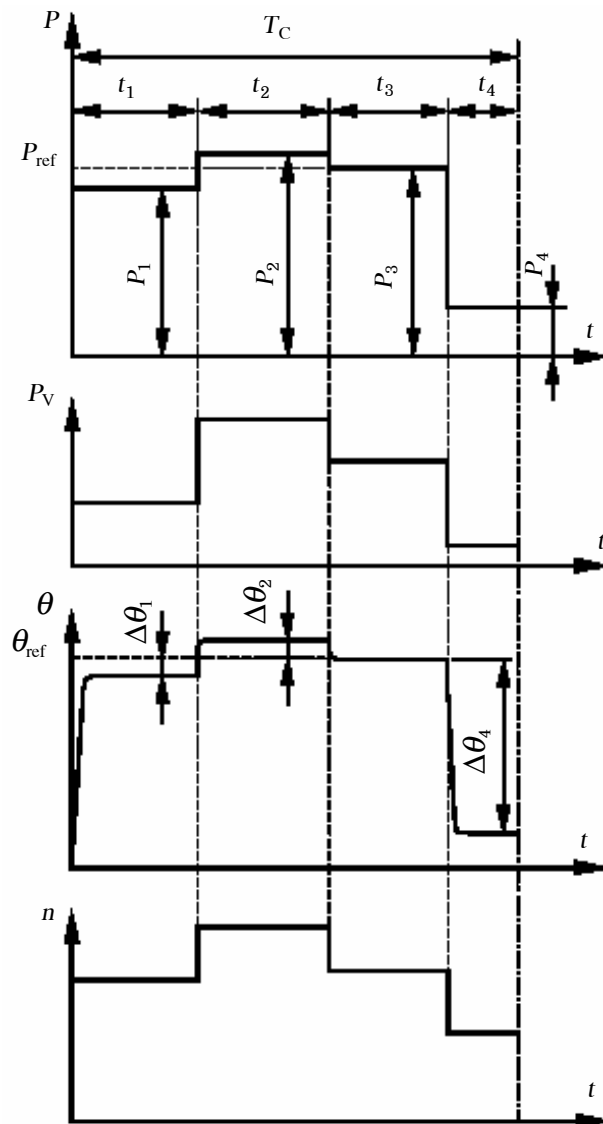
อักษรย่อที่เหมาะสม คือ S10 ตามด้วยปริมาณต่อหน่วย (per unit) $p/\Delta t$ สำหรับโหลดและระยะเวลา เรียงตามลำดับก่อนหลัง และปริมาณต่อหน่วย TL สำหรับการคาดหมายอายุใช้งานทางความร้อนสัมพัทธ์ ของระบบฉนวน ค่าอ้างอิงสำหรับการคาดหมายอายุใช้งานทางความร้อนคือ การคาดหมายอายุใช้งาน ทางความร้อนที่พิกัดสำหรับหน้าที่ต่อเนื่องและขีดจำกัดที่ยอมรับได้ของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นโดยยึดถือตาม หน้าที่ชนิด S1 สำหรับช่วงเวลาการตัดพลังงานและพักต้องระบุโหลดด้วยตัวอักษร r

ตัวอย่างเช่น S10 $p/\Delta t = 1.1/0.4; 1/0.3; 0.9/0.2; r/0.1$ $TL = 0.6$

ค่าของ TL ต้องพิเศษเป็นพหุคูณของ 0.05 ที่ใกล้เคียงที่สุด คำแนะนำเกี่ยวกับความหมายของ พารามิเตอร์นี้และการหาค่าอยู่ในภาคผนวก ก.

สำหรับหน้าที่ชนิดนี้ให้เลือกโหลดคงตัวที่เหมาะสมโดยยึดถือตามหน้าที่ชนิด S1 ใช้เป็นค่าอ้างอิง (“ P_{ref} ” ในรูปที่ 10) สำหรับโหลดไม่ต่อเนื่อง

หมายเหตุ ค่าไม่ต่อเนื่องของโหลดโดยทั่วไปจะเป็นโหลดที่เทียบเท่าบนพื้นฐานของผลรวมในคาบเวลา ไม่จำเป็น ที่วัฏจักรโหลดแต่ละวัฏจักรจะต้องเหมือนกัน เพียงแต่ต้องคงโหลดแต่ละค่าภายในวัฏจักรไว้เป็นเวลา เพียงพอที่จะเกิดสมดุลความร้อน และที่วัฏจักรโหลดแต่ละวัฏจักรสามารถรวมกันเพื่อให้ได้การคาดหมาย อายุใช้งานทางความร้อนสัมพัทธ์เดียวกัน



P คือ โหลด

P_i คือ โหลดคงตัวภายในวัฏจักรโหลด

P_{ref} คือ โหลดอ้างอิงตามหน้าที่ชนิด S1

P_v คือ กำลังสูญเสียทางไฟฟ้า

t คือ เวลา

t_i คือ ช่วงเวลาของโหลดคงตัวภายใน 1 วัฏจักร

T_c คือ ช่วงเวลา 1 วัฏจักรโหลด

$\Delta\theta_i$ คือ ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของขดลวดที่โหลดต่าง ๆ แต่ละค่าภายใน 1 วัฏจักรกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นตามหน้าที่ชนิด S1 ที่มีโหลดอ้างอิง

θ คือ อุณหภูมิ

n คือ ความเร็วรอบ

θ_{ref} คือ อุณหภูมิที่โหลดอ้างอิงตามหน้าที่ชนิด S1

รูปที่ 10 หน้าที่ที่มีโหลดและความเร็วรอบคงตัวไม่ต่อเนื่อง - หน้าที่ชนิด S10

(ข้อ 4.2.10 ข้อ ก.1 และข้อ ก.4)

5. พิกัด

5.1 การกำหนดพิกัด

พิกัดตั้งที่ระบุในข้อ 3.2 ต้องกำหนดโดยผู้ทำ ในการกำหนดพิกัด ผู้ทำต้องเลือกประเภทของพิกัด ประเภทใดประเภทหนึ่งดังที่ระบุในข้อ 5.2.1 ถึงข้อ 5.2.6 การระบุชื่อประเภทของพิกัดต้องเขียนต่อจากคำด้านนอกที่กำหนด ถ้าไม่ระบุชื่อประเภทของพิกัด ให้ใช้พิกัดสำหรับหน้าที่ต่อเนื่อง

เมื่อผู้ทำต่อส่วนประกอบเสริม (เช่น รีเลย์เตอร์ ตัวเก็บประจุ ฯลฯ) ให้เป็นส่วนหนึ่งของมอเตอร์ ค่าที่กำหนดต้องอ้างอิงกับข้อต่อแหล่งจ่ายของการจัดทำทั้งหมด

หมายเหตุ หลักการนี้ไม่ใช้กับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่ต่อระหว่างมอเตอร์กับแหล่งจ่าย

เมื่อกำหนดพิกัดมอเตอร์ที่เครื่องแปลงผันแบบสถิต (static converter) ป้อนไฟฟ้าให้จำเป็นต้องมีการพิจารณาเป็นพิเศษ โดย IEC 60034-17 มีคำแนะนำสำหรับกรณีของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก (squirrel cage induction motor) ที่ครอบคลุมตาม IEC 60034-12

5.2 ประเภทของพิกัด

5.2.1 พิกัดสำหรับหน้าที่ต่อเนื่อง

พิกัดที่มอเตอร์อาจทำงานสำหรับคาบที่ไม่จำกัด โดยมีคุณลักษณะที่ต้องการเป็นไปตามมาตรฐานนี้

ประเภทของพิกัดนี้สมนัยกับหน้าที่ชนิด S1 และเป็นการระบุชื่อสำหรับหน้าที่ชนิด S1

5.2.2 พิกัดสำหรับหน้าที่ระยะสั้น

พิกัดที่มอเตอร์อาจทำงานสำหรับคาบที่จำกัด และเริ่มเดินเครื่องเมื่อมอเตอร์มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิโดยรอบ โดยมีคุณลักษณะที่ต้องการเป็นไปตามมาตรฐานนี้

ประเภทของพิกัดนี้สมนัยกับหน้าที่ชนิด S2 และเป็นการระบุชื่อสำหรับหน้าที่ชนิด S2

5.2.3 พิกัดสำหรับหน้าที่เป็นคาบ

พิกัดที่มอเตอร์อาจทำงานในวัฏจักรหน้าที่ โดยมีคุณลักษณะที่ต้องการเป็นไปตามมาตรฐานนี้

ประเภทของพิกัดนี้สมนัยกับหน้าที่เป็นคาบชนิดใดชนิดหนึ่งจาก S3 ถึง S8 และเป็นการระบุชื่อสำหรับหน้าที่ชนิดที่สมนัยกัน

เว้นแต่ระบุไว้เป็นอย่างอื่น ระยะเวลาของวัฏจักรหน้าที่ต้องเป็น 10 นาที และตัวประกอบช่วงเวลาวัฏจักรต้องเป็นค่าใดค่าหนึ่งดังต่อไปนี้

15 %, 25 %, 40 %, 60 %

5.2.4 พิกัดสำหรับหน้าที่ไม่เป็นคาบ

พิกัดที่มอเตอร์อาจทำงานอย่างไม่เป็นคาบ โดยมีคุณลักษณะที่ต้องการเป็นไปตามมาตรฐานนี้

ประเภทของพิกัดนี้สมนัยกับหน้าที่ไม่เป็นคาบชนิด S9 และเป็นการระบุชื่อสำหรับหน้าที่ชนิด S9

5.2.5 พิกัดสำหรับหน้าที่ที่มีโหลดและความเร็วรอบคงตัวไม่ต่อเนื่อง

พิกัดที่มอเตอร์อาจทำงานกับโหลดและความเร็วรอบที่สัมพันธ์กับหน้าที่ชนิด S10 ในคาบที่ไม่จำกัด โดยมีคุณลักษณะที่ต้องการเป็นไปตามมาตรฐานนี้ โหลดที่ยอมรับได้สูงสุดภายใน 1 วัฏจักร ต้องพิจารณาจากส่วนต่างๆ ทั้งหมดของมอเตอร์ ตัวอย่างเช่น ระบบฉนวนซึ่งสัมพันธ์กับความสมเหตุสมผลของกฎเลขชี้กำลัง (exponential law) สำหรับการคาดหมายอายุใช้งานทางความร้อนสัมพัทธ์ รองลิ้น (bearing) ซึ่งสัมพันธ์กับอุณหภูมิ ส่วนประกอบอื่นๆ ซึ่งสัมพันธ์กับการขยายตัวเนื่องจากความร้อน เว้นแต่ระบุไว้ในมาตรฐาน IEC ที่เกี่ยวเนื่อง โหลดสูงสุดต้องไม่เกิน 1.15 เท่าของค่าโหลดโดยยึดถือตามหน้าที่ชนิด S1 โหลดต่ำสุดอาจมีค่าเป็นศูนย์ เมื่อมอเตอร์ทำงานโดยไม่มีโหลดหรือขณะที่ตัดพลังงานและพัก การพิจารณาสำหรับการใช้งานประเภทของพิกัดนี้อยู่ในภาคผนวก ก.

ประเภทของพิกัดนี้สมนัยกับหน้าที่ชนิด S10 และเป็นการระบุชื่อสำหรับหน้าที่ชนิด S10

หมายเหตุ มาตรฐาน IEC ที่เกี่ยวเนื่องอาจระบุโหลดสูงสุดในรูปขีดจำกัดอุณหภูมิขดลวด (หรืออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น) แทนโหลดต่อหน่วยโดยยึดถือตามหน้าที่ชนิด S1

5.2.6 พิกัดสำหรับโหลดสมมูล

สำหรับจุดประสงค์ในการทดสอบ พิกัดที่มอเตอร์อาจทำงานที่โหลดคงตัวจนกระทั่งถึงสมดุลความร้อน ซึ่งเป็นผลให้อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของขดลวดสเตเตอร์เท่ากับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยในระหว่าง 1 วัฏจักรโหลดของหน้าที่ชนิดที่ระบุ

หมายเหตุ การหาพิกัดสมมูลต้องคำนึงถึงการแปรผันของโหลด ความเร็วรอบ และการระบายความร้อนในวัฏจักรหน้าที่

ถ้าใช้ประเภทของพิกัดนี้ให้ระบุชื่อว่า “equ”

5.3 การเลือกประเภทของพิกัด

มอเตอร์ที่สร้างขึ้นสำหรับการใช้งานทั่วไปต้องมีพิกัดสำหรับหน้าที่ต่อเนื่อง และสามารถทำงานตามหน้าที่ชนิด S1 ได้

ถ้าผู้ซื้อไม่ระบุหน้าที่ให้ใช้หน้าที่ชนิด S1 และต้องกำหนดพิกัดเป็นพิกัดสำหรับหน้าที่ต่อเนื่อง

เมื่อเจตนาให้มอเตอร์มีพิกัดสำหรับหน้าที่ระยะสั้น พิกัดต้องยึดถือตามหน้าที่ชนิด S2 ตามข้อ 4.2.2

เมื่อเจตนาให้มอเตอร์มีโหลดที่แปรผันหรือโหลดที่มีช่วงเวลาที่ไม่มีโหลดหรือช่วงเวลาที่มอเตอร์อยู่ในสถานะตัดพลังงานและพัก พิกัดต้องเป็นพิกัดสำหรับหน้าที่เป็นคาบโดยยึดถือตามหน้าที่ชนิดใดชนิดหนึ่งจาก S3 ถึง S8 ตามข้อ 4.2.3 ถึงข้อ 4.2.8

เมื่อเจตนาให้มอเตอร์ทำงานอย่างไม่เป็นคาบมีโหลดและความเร็วรอบแปรผันได้ รวมถึงโหลดเกิน พิกัดต้องเป็นพิกัดสำหรับหน้าที่ไม่เป็นคาบโดยยึดถือตามหน้าที่ชนิด S9 ตามข้อ 4.2.9

เมื่อเจตนาให้มอเตอร์มีโหลดคงตัวไม่ต่อเนื่อง รวมถึงช่วงเวลาที่โหลดเกินหรือช่วงเวลาที่ไม่มีโหลด (หรือตัดพลังงานและพัก) พิกัดต้องเป็นพิกัดสำหรับโหลดคงตัวไม่ต่อเนื่องโดยยึดถือตามหน้าที่ชนิด S10 ตามข้อ 4.2.10

5.4 การระบุค่าด้านนอกกับประเภทของพิกัด

ในการหาพิกัด

สำหรับหน้าที่ชนิด S1 ถึง S8 ค่าที่ระบุของโหลดคงตัวต้องเป็นค่าด้านนอกที่กำหนด ตามข้อ 4.2.1 ถึงข้อ 4.2.8

สำหรับหน้าที่ชนิด S9 และ S10 ค่าอ้างอิงของโหลดโดยยึดถือตามหน้าที่ชนิด S1 ต้องใช้เป็นค่าด้านนอกที่กำหนด ตามข้อ 4.2.9 และข้อ 4.2.10

5.5 ค่าด้านนอกที่กำหนด

5.5.1 ไม่มีข้อความ

5.5.2 ไม่มีข้อความ

5.5.3 มอเตอร์

ค่าด้านนอกที่กำหนด คือ กำลังกลที่เกิดขึ้นที่เพล่า มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

5.5.4 ไม่มีข้อความ

5.6 ไม่มีข้อความ

5.6.1 ไม่มีข้อความ

5.6.2 ไม่มีข้อความ

5.7 การประสานของแรงดันไฟฟ้าและค่าด้านนอก

ในทางปฏิบัติไม่สามารถสร้างมอเตอร์ทุกพิกัดสำหรับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดทุกค่า โดยทั่วไปเมื่ออ้างอิงการออกแบบและการพิจารณาในการทำ พิกัดแรงดันไฟฟ้าที่แนะนำซึ่งเกินกว่า 1 กิโลโวลต์ ในรูปค่าด้านนอกที่กำหนดแสดงอยู่ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พิกัดแรงดันไฟฟ้าที่แนะนำ
(ข้อ 5.7)

แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด kV	ค่าด้านนอกที่กำหนดต่ำสุด kW
$1.0 < U_N \leq 3.0$	100
$3.0 < U_N \leq 6.0$	150
$6.0 < U_N \leq 11.0$	800
$11.0 < U_N \leq 15.0$	2 500

5.8 มอเตอร์ที่มีมากกว่า 1 พิกัด

สำหรับมอเตอร์ที่มีมากกว่า 1 พิกัด มอเตอร์ต้องเป็นไปตามมาตรฐานนี้ในข้อกำหนดทุกข้อที่พิกัดแต่ละค่า สำหรับมอเตอร์หลายความเร็วรอบ ต้องกำหนดพิกัดสำหรับความเร็วรอบแต่ละค่า

เมื่อปริมาณที่กำหนด (ค่าด้านนอก แรงดันไฟฟ้า ความเร็วรอบ ฯลฯ) อาจมีหลายค่าหรือแปรผันอย่างต่อเนื่อง ภายในค่าขีดจำกัด 2 ค่า พิกัดต้องระบุค่าหรือขีดจำกัดเหล่านี้ ข้อกำหนดนี้ไม่ใช้กับการแปรผันแรงดันไฟฟ้าและความถี่ในระหว่างการทำงานดังที่ระบุในข้อ 7.3 หรือการต่อแบบสตาร์-เดลตา (star-delta) ที่มีเจตนาให้ใช้สำหรับการเริ่มเดินเครื่อง

6. ภาวะการทำงานที่หน้างาน

6.1 ทัวไป

มอเตอร์ต้องเหมาะสมสำหรับภาวะการทำงานที่หน้างานดังต่อไปนี้ เว้นแต่ระบุไว้เป็นอย่างอื่น สำหรับภาวะการทำงานที่หน้างานซึ่งเบี่ยงเบนจากค่าเหล่านี้ การแก้ไขระบุไว้ในข้อ 8.

6.2 ระดับความสูง

ระดับความสูงต้องไม่เกิน 1 000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล

6.3 อุณหภูมิอากาศโดยรอบสูงสุด

อุณหภูมิอากาศโดยรอบต้องไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส

6.4 อุณหภูมิอากาศโดยรอบต่ำสุด

อุณหภูมิอากาศโดยรอบต้องไม่น้อยกว่า -15 องศาเซลเซียส สำหรับมอเตอร์ทุกแบบ

อุณหภูมิอากาศโดยรอบต้องไม่น้อยกว่า 0 องศาเซลเซียส สำหรับมอเตอร์ดังต่อไปนี้

ก) ค่าด้านนอกที่กำหนดมากกว่า 3 300 กิโลวัตต์ ที่ 1 000 รอบต่อนาที

ข) ค่าด้านนอกที่กำหนดน้อยกว่า 600 วัตต์

ค) ไม่มีข้อความ

ง) มีร่องลื่นแบบปลอก (sleeve bearing)

จ) ใช้น้ำเป็นสารหล่อเย็นปฐมภูมิหรือสารหล่อเย็นทุติยภูมิ

6.5 อุณหภูมิน้ำที่ใช้เป็นสารหล่อเย็น

อุณหภูมิน้ำที่ใช้เป็นสารหล่อเย็นที่ช่องทางเข้ามอเตอร์หรือตัวแลกเปลี่ยนความร้อน หรืออุณหภูมิน้ำโดยรอบ (ในกรณีของมอเตอร์แบบจุ่มในของเหลวที่มีการระบายความร้อนที่ผิว หรือมอเตอร์ที่มีเปลือกหุ้มมีช่องระบายความร้อนด้วยน้ำ) ต้องไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส และไม่น้อยกว่า 5 องศาเซลเซียส

6.6 การจัดเก็บและการขนส่ง

เมื่อคาดว่าจะอุณหภูมิอาจต่ำกว่าที่ระบุในข้อ 6.4 ในระหว่างการขนส่ง การจัดเก็บ หรือหลังจากการติดตั้ง ผู้ซื้อต้องแจ้งผู้ทำให้ทราบและระบุอุณหภูมิต่ำสุดที่คาดหวัง

6.7 ความบริสุทธิ์ของไฮโดรเจนที่ใช้เป็นสารหล่อเย็น

มอเตอร์ที่ระบายความร้อนด้วยไฮโดรเจนต้องสามารถทำงานที่ค่าด้านนอกที่กำหนดในภาวะที่กำหนดโดยสารหล่อเย็นมีไฮโดรเจนไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 โดยปริมาตร

หมายเหตุ สำหรับการรับรองความปลอดภัย ตลอดเวลาปริมาณไฮโดรเจนต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 หรือมากกว่า โดยถือว่าก๊าซอื่นในส่วนผสมเป็นอากาศ

สำหรับการคำนวณประสิทธิภาพตาม IEC 60034-2 องค์ประกอบมาตรฐานของก๊าซผสมต้องมีไฮโดรเจน ร้อยละ 98 และอากาศร้อยละ 2 โดยปริมาตร ที่ค่าความดันและอุณหภูมิที่ระบุของก๊าซที่ระบายความร้อนเข้า เว้นแต่ตกลงไว้เป็นอย่างอื่น ความสูญเสียเนื่องจากแรงลมต้องคำนวณที่ความหนาแน่นซึ่งสมนัยกัน

7. ภาวะการทำงานทางไฟฟ้า

7.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้า

สำหรับมอเตอร์สามเฟสความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ หรือ 60 เฮิร์ตซ์ ที่มีเจตนาให้ต่อโดยตรงเข้ากับระบบจ่ายไฟฟ้า หรือระบบของการไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดต้องได้มาจากแรงดันไฟฟ้าที่ระบุซึ่งกำหนดไว้ใน IEC 60038

หมายเหตุ สำหรับมอเตอร์แรงดันไฟฟ้าสูงที่มีขนาดใหญ่ อาจเลือกใช้แรงดันไฟฟ้าที่ทำให้มีสมรรถนะเหมาะสมที่สุด

สำหรับมอเตอร์ที่ตัวแปลงผันแบบสถิตป้อนไฟฟ้าให้ ไม่ใช้การจำกัดค่าแรงดันไฟฟ้า ความถี่ และรูปคลื่น ในกรณีนี้ ต้องเลือกแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดโดยใช้ข้อตกลง

7.2 รูปแบบและสมมาตรของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

7.2.1 มอเตอร์

7.2.1.1 มอเตอร์ที่มีค่าที่กำหนดสำหรับใช้กับแหล่งจ่ายกำลังที่มีความถี่คงที่ ซึ่งรับไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (เฉพาะที่หรือผ่านทางเครือข่ายจ่ายไฟฟ้า) ต้องเหมาะแก่การทำงานที่แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายซึ่งมีค่าตัวประกอบแรงดันไฟฟ้าฮาร์มอนิก (Harmonic Voltage Factor : *HVF*) ไม่เกิน

- 0.02 สำหรับมอเตอร์ที่ไม่รวมถึงมอเตอร์แบบ N (ดู IEC 60034-12) เว้นแต่ผู้ทำจะระบุไว้เป็นอย่างอื่น
- 0.03 สำหรับมอเตอร์แบบ N

ต้องคำนวณค่า *HVF* โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$HVF = \sqrt{\sum_{n=2}^k \frac{u_n^2}{n}}$$

เมื่อ

u_n คือ อัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าฮาร์มอนิก U_n กับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด U_N

n คือ ลำดับของฮาร์มอนิก (ที่หารด้วย 3 ไม่ลงตัว ในกรณีของมอเตอร์สามเฟส)

$k = 13$

มอเตอร์สามเฟสต้องเหมาะสมสำหรับการทำงานในระบบแรงดันไฟฟ้าสามเฟสที่มีส่วนประกอบลำดับเฟสลบไม่เกินร้อยละ 1 ของส่วนประกอบลำดับเฟสบวกสำหรับระยะเวลานาน หรือร้อยละ 1.5 สำหรับระยะเวลานั้นไม่เกินสองถึงสามนาทีก และส่วนประกอบลำดับเฟสศูนย์ไม่เกินร้อยละ 1 ของส่วนประกอบลำดับเฟสบวก

ต้องจำกัดค่าของ *HVF* และค่าของส่วนประกอบลำดับเฟสลบและส่วนประกอบลำดับเฟสศูนย์ที่เกิดขึ้นพร้อมกันในการใช้งานที่โหลดที่กำหนด และต้องไม่ทำให้เกิดอุณหภูมิที่เป็นอันตรายใดๆ ขึ้นในมอเตอร์ แนะนำให้อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นสูงสุดมากกว่าขีดจำกัดที่ระบุในมาตรฐานนี้ได้ไม่เกินประมาณ 10 เคลวิน

หมายเหตุ ในบริเวณที่อยู่ใกล้เคียงกับโหลดเฟสเดียวขนาดใหญ่ (ตัวอย่างเช่น เตาหลอมแบบเหนี่ยวนำ) โดยเฉพาะการจ่ายไฟฟ้าให้เขตอุตสาหกรรมและที่อยู่อาศัยที่อยู่รวมกัน แหล่งจ่ายไฟฟ้าอาจเพี้ยนเกินขีดจำกัดที่ตั้งไว้ข้างต้น จึงจำเป็นต้องจัดเป็นพิเศษ

7.2.1.2 มอเตอร์ที่รับไฟฟ้าจากตัวแปลงผันแบบสวิตติ่งต้องทนต่อปริมาณฮาร์มอนิกที่สูงขึ้นของแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่าย ดู IEC 60034-17 สำหรับกรณีของมอเตอร์แบบกรงกระรอกที่อยู่ในขอบข่ายของ IEC 60034-12

หมายเหตุ เมื่อแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายไม่เป็นรูปคลื่นไซน์อย่างมีนัยสำคัญ ตัวอย่างเช่น จากตัวแปลงผันแบบสวิตติ่ง ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของรูปคลื่นโดยรวมและของรูปคลื่นหลักมูลทั้งสองค่าจะเกี่ยวเนื่องกับการหาสมรรถนะของมอเตอร์

7.2.2 ไม่มีข้อความ

7.2.3 ไม่มีข้อความ

ตารางที่ 2 ไม่มีข้อความ

7.2.4 ไม่มีข้อความ

7.3 การแปรผันของแรงดันไฟฟ้าและความถี่ในระหว่างการทำงาน

สำหรับมอเตอร์ที่มีค่าที่กำหนดสำหรับใช้กับแหล่งจ่ายกำลังความถี่คงที่รับไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (เฉพาะที่หรือผ่านทางเครือข่ายจ่ายไฟฟ้า) การประกอบกันของการแปรผันของแรงดันไฟฟ้าและการแปรผันของความถี่จำแนกประเภทอยู่ในเขต A หรือเขต B ตามรูปที่ 12

มอเตอร์ต้องสามารถทำงานในหน้าที่ปฐมภูมิ ดังที่ระบุในตารางที่ 3 อย่างต่อเนื่องภายในเขต A แต่ไม่จำเป็นต้องเป็นไปตามสมรรถนะที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดและความถี่ที่กำหนดทุกอย่าง (ดูจุดพิกต์ในรูปที่ 12) และอาจมีการเบี่ยงเบนไปบ้าง อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอาจสูงกว่าที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดและความถี่ที่กำหนด

มอเตอร์ต้องสามารถทำงานในหน้าที่ปฐมภูมิภายในเขต B แต่อาจมีการเบี่ยงเบนจากสมรรถนะที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดและความถี่ที่กำหนดมากกว่าที่เกิดขึ้นในเขต A อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอาจสูงกว่าที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดและความถี่ที่กำหนดและส่วนใหญ่จะมากกว่าที่เกิดขึ้นในเขต A ไม่แนะนำให้มีการทำงานไปถึงที่เส้นขอบของเขต B

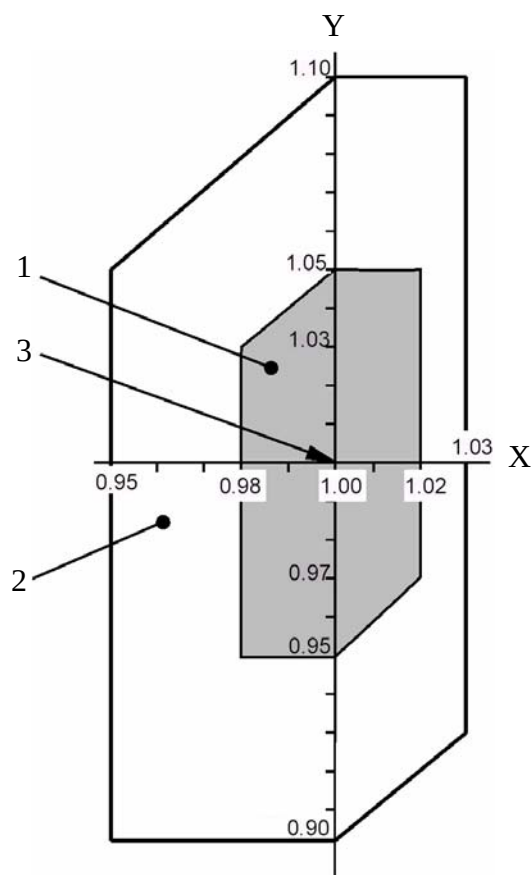
หมายเหตุ 1 การใช้งานและภาวะการทำงานในทางปฏิบัติ บางครั้งมอเตอร์ต้องการการทำงานนอกเส้นขอบของเขต A การออกนอกเส้นขอบนั้นต้องจำกัดค่า ระยะเวลา และความถี่ของการเกิดขึ้น ต้องใช้วิธีการแก้ไขที่ถูกต้องซึ่งปฏิบัติได้ภายในเวลาอย่างมีเหตุผล ตัวอย่างเช่น การลดค่ากำลังทางต้านออก การกระทำเช่นนี้อาจช่วยให้อายุการใช้งานของมอเตอร์ไม่ลดต่ำลงเนื่องจากผลกระทบของอุณหภูมิ

หมายเหตุ 2 ชีตจำกัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหรือชีตจำกัดอุณหภูมิตามมาตรฐานนี้ใช้ที่จุดพิกต์ และอาจเกินชีตจำกัดเพิ่มขึ้นตามจุดทำงานที่เคลื่อนไปจากจุดพิกต์ สำหรับภาวะที่สุดเส้นขอบของเขต A อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและอุณหภูมิตามปกติเกินชีตจำกัดที่ระบุในมาตรฐานนี้ประมาณ 10 เคลวิน

หมายเหตุ 3 มอเตอร์เริ่มเดินเครื่องที่ชิตจำกัดล่างของแรงดันไฟฟ้า เฉพาะในกรณีที่ทอร์กเริ่มเดินเครื่องเพียงพอที่จะชนะทอร์กต้านของโหลด แต่หลักการนี้ไม่ใช่คุณลักษณะที่ต้องการของข้อนี้ สำหรับสมรรถนะการเริ่มเดินเครื่องของมอเตอร์แบบ N ดู IEC 60034-12

ตารางที่ 3 หน้าที่ปฐมภูมิของมอเตอร์
(ข้อ 7.3)

รายการ	ชนิดของเครื่องจักร	หน้าที่ปฐมภูมิ
1	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
2	มอเตอร์	ทอร์กที่กำหนด (Nm)
3	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
4	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
5	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
6	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
7	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ



แกน X คือ ความถี่ต่อหน่วย
แกน Y คือ แรงดันไฟฟ้าต่อหน่วย

1 คือ เขต A
2 คือ เขต B (ข้างนอกเขต A)
3 คือ จุดพิกัด

รูปที่ 11 ไม่มีข้อความ

รูปที่ 12 ชีตจำกัดแรงดันไฟฟ้าและความถี่สำหรับมอเตอร์
(ข้อ 7.3)

7.4 มอเตอร์สามเฟสทำงานในระบบที่ไม่ต่อลงดิน

มอเตอร์สามเฟสต้องเหมาะสมสำหรับการทำงานต่อเนื่องกับจุดนิวทรัล (neutral) อยู่ที่หรือใกล้เคียงกับศักย์ของสายดิน และต้องเหมาะสมสำหรับการทำงานในระบบที่ไม่ต่อลงดินซึ่งมีสายเส้นหนึ่งอยู่ที่ศักย์สายดินเป็นระยะเวลานั้น ๆ และเกิดขึ้นไม่บ่อยนัก ตัวอย่างเช่น ระยะเวลาที่ต้องการในการกลับคืนจากภาวะผิดปกติ (normal fault clearance) ถ้าเจตนาให้เดินมอเตอร์อย่างต่อเนื่องหรือเป็นระยะเวลานานในภาวะนี้ ต้องใช้มอเตอร์ที่มีระดับฉนวนที่เหมาะสมกับภาวะนี้

ถ้าขดลวดไม่ได้มีฉนวนแบบเดียวกันที่ปลายสายและปลายนิวทรัล ผู้ทำต้องระบุให้ทราบ

หมายเหตุ การต่อลงดินหรือการต่อระหว่างกันของจุดนิวทรัลของมอเตอร์ ห้ามกระทำโดยไม่ปรึกษากับผู้ทำมอเตอร์ เพราะมีอันตรายจากส่วนประกอบลำดับเฟสศูนย์ของกระแสไฟฟ้าที่ความถี่ทุกค่าในภาวะการทำงาน บางภาวะ และมีความเสี่ยงของการเสียหายทางกลกับขดลวดในภาวะผิดปกติระหว่างสายไฟฟ้ากับจุดนิวทรัล

7.5 ระดับความทนแรงดันไฟฟ้า (ค่ายอดและเกรเดียนต์)

ผู้ทำต้องแจ้งค่าขีดจำกัดสำหรับแรงดันไฟฟ้าค่ายอดและเกรเดียนต์แรงดันไฟฟ้าในการทำงานต่อเนื่อง

มอเตอร์แบบกรงกระรอกที่อยู่ในขอบข่ายของ IEC 60034-12 ดู IEC 60034-17 ด้วย

มอเตอร์แรงดันไฟฟ้าสูง ดู IEC 60034-15 ด้วย

8. สมรรถนะทางความร้อนและการทดสอบ

8.1 ระดับชั้นทางความร้อน

ต้องกำหนดระดับชั้นทางความร้อนตาม มอก.2212 ให้แก่ระบบฉนวนที่ใช้ในมอเตอร์

การอธิบายผลที่ได้จากการทดสอบความทนความร้อนตามเล่มที่เกี่ยวข้องของ IEC 60034-18 เป็นความรับผิดชอบของผู้ทำมอเตอร์

หมายเหตุ 1 ระดับชั้นทางความร้อนของระบบฉนวนใหม่ ไม่ควรถือว่าสัมพันธ์โดยตรงกับสมรรถภาพทางความร้อนของวัสดุใดวัสดุหนึ่งที่ใช้ในระบบฉนวน

หมายเหตุ 2 การใช้ระบบฉนวนที่มีอยู่ต่อไปจะยอมรับได้เมื่อได้พิสูจน์โดยประสบการณ์การใช้งานจนเป็นที่พอใจ

8.2 สารหล่อเย็นอ้างอิง

สารหล่อเย็นอ้างอิงสำหรับวิธีที่ระบุของการระบายความร้อนมอเตอร์แสดงอยู่ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สารหล่อเย็นอ้างอิง (ดูตารางที่ 10 ด้วย)
(ข้อ 8.2 และข้อ 8.10)

รายการ	สารหล่อเย็นปฐมภูมิ	วิธีการระบายความร้อน	สารหล่อเย็นทุติยภูมิ	ตารางที่	ตารางอ้างอิง สดมภ์ที่ 5 ระบุขีดจำกัด	สารหล่อเย็นอ้างอิง
1	อากาศ	โดยอ้อม	ไม่มี	7	อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น	อากาศโดยรอบ
2	อากาศ	โดยอ้อม	อากาศ	7		อุณหภูมิอ้างอิง 40°C
3	อากาศ	โดยอ้อม	น้ำ	7		สารหล่อเย็นที่ช่องทางเข้ามอเตอร์ หรือน้ำโดยรอบ อุณหภูมิอ้างอิงของก๊าซระบายความร้อนที่ช่องทางเข้ามอเตอร์ 40°C อุณหภูมิอ้างอิงของน้ำโดยรอบ 25°C (ดูหมายเหตุ)
4	ไฮโดรเจน	โดยอ้อม	น้ำ	8		
5	อากาศ	โดยตรง	ไม่มี	12	อุณหภูมิ	อากาศโดยรอบ
6	อากาศ	โดยตรง	อากาศ	12		อุณหภูมิอ้างอิง 40°C
7	อากาศ	โดยตรง	น้ำ	12		ก๊าซที่ทางเข้าของมอเตอร์หรือของเหลวที่ทางเข้าของขดลวดอุณหภูมิอ้างอิง 40°C
8	ไฮโดรเจนหรือของเหลว	โดยตรง	น้ำ	12		
หมายเหตุ มอเตอร์ที่มีขดลวดระบายความร้อนโดยอ้อม และตัวแลกเปลี่ยนความร้อนระบายความร้อนด้วยน้ำอาจกำหนดค่าที่กำหนดโดยใช้ทั้งสารหล่อเย็นปฐมภูมิหรือทุติยภูมิเป็นสารหล่อเย็นอ้างอิง (ดูข้อ 10.2 ด้วยสำหรับข้อมูลที่ให้บนแผ่นป้ายพิกัด) มอเตอร์แบบจุ่มในของเหลวที่ระบายความร้อนที่ผิวหรือมอเตอร์ที่มีเปลี่ยนนอกระบายความร้อนด้วยน้ำต้องกำหนดค่าที่กำหนดโดยใช้สารหล่อเย็นทุติยภูมิเป็นสารหล่อเย็นอ้างอิง						

ถ้าใช้สารหล่อเย็นที่ 3 (third coolant) ต้องวัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นซึ่งอยู่เหนืออุณหภูมิของสารหล่อเย็นปฐมภูมิหรือทุติยภูมิดังที่ระบุในตารางที่ 4

หมายเหตุ อาจจัดทำและระบายความร้อนมอเตอร์โดยใช้รายการในตารางที่ 4 มากกว่า 1 รายการ ในกรณีนี้อาจใช้สารหล่อเย็นอ้างอิงต่างกันสำหรับขดลวดที่ต่างกัน

8.3 ภาวะสำหรับการทดสอบทางความร้อน

8.3.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้า

ในระหว่างการทดสอบทางความร้อนของมอเตอร์ ค่า HVF ของแหล่งจ่ายต้องไม่เกิน 0.015 และส่วนประกอบลำดับเฟสของระบบแรงดันไฟฟ้าต้องน้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของส่วนประกอบลำดับเฟสบวกโดยไม่คำนึงถึงผลของส่วนประกอบลำดับเฟสศูนย์

โดยข้อตกลง ส่วนประกอบลำดับเฟสลบของระบบกระแสไฟฟ้าอาจวัดแทนส่วนประกอบลำดับเฟสลบของระบบแรงดันไฟฟ้า ส่วนประกอบลำดับเฟสลบของระบบกระแสไฟฟ้าต้องไม่เกินร้อยละ 2.5 ของส่วนประกอบลำดับเฟสบวก

8.3.2 อุณหภูมิของมอเตอร์ก่อนการทดสอบ

ถ้าอุณหภูมิของขดลวดหาได้จากการเพิ่มขึ้นของความต้านทาน อุณหภูมิขดลวดเริ่มต้นต้องไม่ต่างจากสารหล่อเย็นเกิน 2 เคลวิน

เมื่อทดสอบมอเตอร์ที่พิกัดระยะสั้น (หน้าที่ชนิด S2) อุณหภูมิที่เริ่มต้นการทดสอบทางความร้อนต้องต่างจากอุณหภูมิสารหล่อเย็นไม่เกิน 5 เคลวิน

8.3.3 อุณหภูมิของสารหล่อเย็น

อาจทดสอบมอเตอร์ที่ค่าเหมาะสมใด ๆ ของอุณหภูมิสารหล่อเย็น ดูตารางที่ 11 (สำหรับขดลวดระบายความร้อนโดยอ้อม) หรือตารางที่ 14 (สำหรับขดลวดระบายความร้อนโดยตรง)

8.3.4 การวัดอุณหภูมิสารหล่อเย็นในระหว่างการทดสอบ

ค่าที่ใช้สำหรับอุณหภูมิสารหล่อเย็นในระหว่างการทดสอบต้องเป็นค่าเฉลี่ยของค่าที่อ่านได้จากตัววัดอุณหภูมิที่วัดในช่วงเวลาเท่ากันในช่วงช่วงสุดท้ายของระยะเวลาการทดสอบ เพื่อลดความผิดพลาดเนื่องจากเวลาล่าช้าหลังของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของมอเตอร์ขนาดใหญ่ตามการแปรผันอุณหภูมิของสารหล่อเย็น จึงต้องมีข้อควรระวังทั้งหมดที่มีเหตุผลเพื่อลดการแปรผันให้น้อยที่สุด

8.3.4.1 มอเตอร์แบบเปิดหรือมอเตอร์แบบปิดที่ไม่มีตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (ระบายความร้อนด้วยอากาศหรือก๊าซโดยรอบ)

อุณหภูมิของอากาศหรือก๊าซโดยรอบต้องวัดด้วยตัววัดหลายตัววางอยู่ที่จุดต่าง ๆ โดยรอบ และอยู่กึ่งกลางความสูงของมอเตอร์ห่างจากมอเตอร์ 1 เมตร ถึง 2 เมตร ต้องป้องกันตัววัดแต่ละตัวจากการแผ่รังสีความร้อนและกระแสลม

8.3.4.2 มอเตอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศหรือก๊าซจากแหล่งจ่ายทางไกลผ่านท่อระบายอากาศและมอเตอร์ที่มีตัวแลกเปลี่ยนความร้อนติดตั้งแยกต่างหาก

อุณหภูมิของสารหล่อเย็นปฐมภูมิต้องวัดที่ทางเข้าของมอเตอร์

8.3.4.3 มอเตอร์แบบปิดที่มีตัวแลกเปลี่ยนความร้อนติดตั้งกับมอเตอร์หรือมีตัวแลกเปลี่ยนความร้อนภายใน

อุณหภูมิของสารหล่อเย็นปฐมภูมิต้องวัดที่ทางเข้าของมอเตอร์ อุณหภูมิของสารหล่อเย็นทุติยภูมิต้องวัดที่ทางเข้าของตัวแลกเปลี่ยนความร้อน

8.4 อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของส่วนของมอเตอร์

อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น $\Delta\theta$ ของส่วนของมอเตอร์คือความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของส่วนนั้นที่วัดโดยวิธีการที่เหมาะสมตามข้อ 8.5 กับอุณหภูมิของสารหล่อเย็นที่วัดได้ตามข้อ 8.3.4

สำหรับการเปรียบเทียบกับขีดจำกัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (ดูตารางที่ 7 หรือตารางที่ 8) หรือขีดจำกัดอุณหภูมิ (ดูตารางที่ 12) ถ้าทำได้ ต้องวัดอุณหภูมิทันทีก่อนหยุดเดินมอเตอร์เมื่อสิ้นสุดการทดสอบทางความร้อน ดังที่ระบุในข้อ 8.7

ถ้าไม่สามารถทำได้ ตัวอย่างเช่น เมื่อใช้การวัดโดยตรงของวิธีความต้านทาน ดูข้อ 8.6.2.3

สำหรับมอเตอร์ที่ทดสอบในหน้าที่เป็นคาบจริง (หน้าที่ชนิด S3 ถึง S8) อุณหภูมิเมื่อสิ้นสุดการทดสอบต้องใช้ค่าที่กึ่งกลางช่วงเวลาซึ่งทำให้เกิดความร้อนสูงสุดในวัฏจักรสุดท้ายของการทำงาน (แต่ดูข้อ 8.7.3 ด้วย)

8.5 วิธีการวัดอุณหภูมิ

8.5.1 ทั่วไป

วิธีการวัดอุณหภูมิของขดลวดและส่วนอื่นๆ มี 3 วิธี คือ

- วิธีความต้านทาน
- วิธีฝังตัววัดอุณหภูมิ (embedded temperature detector : ETD)
- วิธีเทอร์มอมิเตอร์

ห้ามใช้วิธีต่างกันเพื่อตรวจสอบซึ่งกันและกัน

สำหรับการทดสอบโดยอ้อม ดู IEC 61986

8.5.2 วิธีความต้านทาน

อุณหภูมิของขดลวดหาได้จากการเพิ่มขึ้นของความต้านทานของขดลวด

8.5.3 วิธีฝังตัววัดอุณหภูมิ (ETD)

อุณหภูมิได้จากการใช้ตัววัดอุณหภูมิ (ตัวอย่างเช่น เทอร์มอมิเตอร์แบบความต้านทาน เทอร์มอคัปเปิล หรือตัววัดสัมผัสประสิทธิ์ลบแบบกึ่งตัวนำ) ที่ติดตั้งเข้ากับมอเตอร์ในระหว่างการสร้าง ที่จุดซึ่งไม่สามารถเข้าถึงได้หลังจากมอเตอร์สร้างเสร็จสมบูรณ์

8.5.4 วิธีเทอร์มอมิเตอร์

อุณหภูมิได้จากการใช้เทอร์มอมิเตอร์วัดที่พื้นผิวที่เข้าถึงได้ของมอเตอร์ที่สร้างเสร็จสมบูรณ์ คำว่า “เทอร์มอมิเตอร์” ไม่เฉพาะเทอร์มอมิเตอร์แบบกระเปาะ แต่รวมถึงเทอร์มอคัปเปิลแบบไม่ฝัง และเทอร์มอมิเตอร์แบบความต้านทานด้วย เมื่อใช้เทอร์มอมิเตอร์แบบกระเปาะในที่ที่มีสนามแม่เหล็กแปรผันหรือเคลื่อนที่มาก ต้องใช้เทอร์มอมิเตอร์แบบแอลกอฮอล์แทนเทอร์มอมิเตอร์แบบปรอท

8.6 การหาอุณหภูมิขดลวด

8.6.1 การเลือกวิธีการ

โดยทั่วไป การวัดอุณหภูมิขดลวดของมอเตอร์ต้องใช้วิธีความต้านทานตามข้อ 8.5.1 (แต่ดูข้อ 8.6.2.3.3 ด้วย)

มอเตอร์ที่มีค่าด้านนอกที่กำหนดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 500 กิโลวัตต์ แต่มากกว่า 200 กิโลวัตต์ ผู้ทำต้องเลือกวิธีความต้านทานหรือวิธี ETD เว้นแต่ตกลงไว้เป็นอย่างอื่น

มอเตอร์ที่มีค่าต้านออกที่กำหนดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 200 กิโลวัตต์ ผู้ทำต้องเลือกวิธีความต้านทานแบบวัดโดยตรงหรือแบบซ้อนทับ (superposition) (ดูข้อ 8.6.2.1) เว้นแต่ตกลงไว้เป็นอย่างอื่น

มอเตอร์ที่มีค่าต้านออกที่กำหนดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 600 วัตต์ เมื่อขดลวดกระจายไม่สม่ำเสมอหรือ การทำการต่อที่จำเป็นมีความซับซ้อนมาก อาจหาอุณหภูมิได้โดยเทอร์มอมิเตอร์ ต้องใช้ขีดจำกัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นตามตารางที่ 7 รายการ 1ง สำหรับวิธีความต้านทาน

ให้ใช้วิธีเทอร์มอมิเตอร์ในกรณีดังต่อไปนี้

- ก) เมื่อการหาอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นด้วยวิธีความต้านทานไม่สามารถทำได้โดยทั่วไปในกรณีของขดลวดความต้านทานต่ำ โดยเฉพาะเมื่อความต้านทานจุดเชื่อมต่อและจุดต่อมีเป็นสัดส่วนมากในความต้านทานรวม
- ข) ขดลวดชั้นเดียวที่หุ้มหรืออยู่กับที่
- ค) ในระหว่างการทดสอบประจำของมอเตอร์ที่ทำเป็นจำนวนมาก ๆ

ขดลวดสเตเตอร์กระแสสลับที่มีหนึ่งด้านข้างขดลวด (coil-side) ต่อหนึ่งร่อง ห้ามใช้วิธี ETD เพื่อตรวจสอบการเป็นไปตามมาตรฐานนี้ ต้องใช้วิธีความต้านทาน

หมายเหตุ การตรวจสอบอุณหภูมิขดลวดในการใช้งานนั้น ตัววัดที่ฝังอยู่ด้านล่างของร่องจะได้ค่าน้อยกว่าอุณหภูมิขดลวดเนื่องจากให้อุณหภูมิหลักของแกนเหล็ก ตัววัดที่วางระหว่างขดลวดกับลิ้มอัดร่อง (wedge) จะได้อุณหภูมิใกล้เคียงกับกับอุณหภูมิขดลวดมากกว่า ดังนั้นจึงดีกว่าสำหรับการตรวจสอบในการใช้งาน เนื่องจากอุณหภูมิอาจมีค่าค่อนข้างต่ำ จึงควรหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมินี้กับอุณหภูมิที่วัดได้ด้วยวิธีความต้านทานโดยการทดสอบทางความร้อน

ขดลวดอื่นที่มีหนึ่งด้านข้างขดลวดต่อหนึ่งร่อง และสำหรับด้านปิดชุดขดลวด (end winding) ห้ามใช้วิธี ETD เพื่อตรวจสอบการเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานนี้

8.6.2 การหาโดยวิธีความต้านทาน

8.6.2.1 การวัด

ต้องใช้วิธีใดวิธีหนึ่งดังต่อไปนี้

- การวัดโดยตรงขณะเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดสอบ โดยใช้เครื่องมือวัดที่มีพิสัยที่เหมาะสม
- การวัดโดย กระแสไฟฟ้า/แรงดันไฟฟ้า กระแสตรงในขดลวดกระแสสลับ โดยป้อนกระแสไฟฟ้า กระแสตรงเข้าไปในขดลวดเมื่อตัดพลังงาน
- วิธีซ้อนทับโดยไม่มีการขัดจังหวะของกระแสไฟฟ้าโหลดกระแสสลับ โดยป้อนกระแสไฟฟ้ากระแสตรงเล็กน้อยซ้อนทับกระแสไฟฟ้าโหลด ตาม IEC 60279

8.6.2.2 การคำนวณ

อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น $\theta_2 - \theta_a$ อาจได้จากสมการ

$$\frac{\theta_2 + k}{\theta_1 + k} = \frac{R_2}{R_1}$$

เมื่อ

θ_1 คือ อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ของขดลวด (เย็น) ที่ขณะวัดความต้านทานเริ่มต้น

θ_2 คือ อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ของขดลวดเมื่อสิ้นสุดการทดสอบทางความร้อน

θ_a คือ อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ของสารหล่อเย็นเมื่อสิ้นสุดการทดสอบทางความร้อน

R_1 คือ ความต้านทานของขดลวดที่อุณหภูมิ θ_1 (เย็น)

R_2 คือ ความต้านทานของขดลวดเมื่อสิ้นสุดการทดสอบทางความร้อน

k คือ ส่วนกลับของสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่ 0 องศาเซลเซียส ของวัสดุตัวนำ

สำหรับทองแดง $k = 235$

สำหรับอะลูมิเนียม $k = 225$ เว้นแต่ระบุไว้เป็นอย่างอื่น

สำหรับจุดประสงค์ในทางปฏิบัติ อาจเหมาะสมหากเลือกใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$\theta_2 - \theta_a = \frac{R_2 - R_1}{R_1} \times (k + \theta_1) + \theta_1 - \theta_a$$

8.6.2.3 การแก้ไขสำหรับเวลาการหยุด

8.6.2.3.1 ทั่วไป

การวัดอุณหภูมิเมื่อสิ้นสุดการทดสอบทางความร้อนด้วยวิธีการวัดความต้านทานโดยตรงต้องการการหยุดเดินมอเตอร์อย่างรวดเร็ว ต้องการขั้นตอนการวางแผนอย่างระมัดระวังและจำนวนคนที่เพียงพอ

8.6.2.3.2 เวลาการหยุดสั้น

ถ้าการอ่านค่าความต้านทานเริ่มต้นอยู่ในช่วงเวลาที่ระบุในตารางที่ 5 ต้องยอมรับการอ่านค่านั้นสำหรับการวัดอุณหภูมิ

ตารางที่ 5 ช่วงเวลา

(ข้อ 8.6.2.3.2 ข้อ 8.6.2.3.3 และข้อ 8.6.2.3.4)

ค่าด้านนอกที่กำหนด (P_N)	ช่วงเวลาหลังจากปิดสวิตซ์ตัดกำลัง
kW	s
$P_N \leq 50$	30
$50 < P_N \leq 200$	90
$200 < P_N \leq 500$	120

8.6.2.3.3 เวลาการหยุดเพิ่ม

ถ้าการอ่านค่าความต้านทานไม่สามารถทำได้ในระยะเวลาที่ระบุในตารางที่ 5 ต้องอ่านให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้แต่ไม่ใช่หลังจากเวลาได้ผ่านไปมากกว่าสองเท่าของระยะเวลาที่ระบุในตารางที่ 5 และการอ่านเพิ่มเติมต้องทำที่ช่วงเวลาประมาณ 1 นาที จนกระทั่งค่าที่อ่านได้เหล่านี้เริ่มลดลงจากค่าสูงสุดอย่างชัดเจน เส้นกราฟของค่าที่อ่านได้เหล่านี้ต้องเขียนในฟังก์ชันของเวลาและประมาณค่าไปจนถึงช่วงเวลาที่เหมาะสมในตารางที่ 5 สำหรับค่าด้านนอกที่กำหนดของมอเตอร์ แนะนำให้เขียนแบบกึ่งลอการิทึมเมื่ออุณหภูมิเขียนในมาตราส่วนเชิงลอการิทึม ดังนั้นค่าอุณหภูมิที่ได้ต้องถือเป็นอุณหภูมิขณะหยุดเดินมอเตอร์ ถ้าผลการวัดที่ได้แสดงการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิหลังจากหยุดเดินมอเตอร์ต้องใช้ค่าสูงสุด

ถ้าไม่สามารถอ่านค่าความต้านทานได้จนกระทั่งหลังจากเวลาได้ผ่านไปสองเท่าของช่วงเวลาที่ยังระบุในตารางที่ 5 วิธีการแก้ไขนี้ต้องใช้เฉพาะในกรณีที่มีข้อตกลง

8.6.2.3.4 ขดลวดที่มีหนึ่งด้านข้างขดลวดต่อหนึ่งร่อง

สำหรับมอเตอร์ที่มีหนึ่งด้านข้างขดลวดต่อหนึ่งร่อง อาจใช้วิธีการวัดความต้านทานโดยตรงถ้ามอเตอร์หยุดในระยะเวลาที่ระบุในตารางที่ 5 ถ้ามอเตอร์ใช้เวลามากกว่า 90 วินาทีในการหยุดหลังจากปิดสวิตซ์ตัดกำลัง อาจใช้วิธีการช้อนทับถ้ามีการตกลงไว้ก่อน

8.6.3 การหาโดยวิธี ETD

8.6.3.1 ทั่วไป

ตัววัดต้องวางห่างกันอย่างเหมาะสมตลอดทั้งขดลวดและจำนวนตัววัดที่ติดตั้งต้องไม่น้อยกว่า 6 ตัว ต้องวางตัววัดที่จุดซึ่งน่าจะมีอุณหภูมิสูงสุด ในลักษณะที่มีการป้องกันอย่างเพียงพอจากการสัมผัสกับสารหล่อเย็นปฐมภูมิ เพื่อความปลอดภัย

ต้องใช้ค่าที่อ่านได้สูงสุดจากส่วนของ ETD เพื่อหาอุณหภูมิขดลวด

หมายเหตุ ส่วนของ ETD หรือการต่ออาจขัดข้องและให้ค่าที่อ่านได้ไม่ถูกต้อง ดังนั้นถ้าค่าที่อ่านได้หนึ่งค่าหรือมากกว่าแสดงว่ามีความผิดพลาด หลังจากการตรวจสอบให้ตัดออก

8.6.3.2 สองหรือมากกว่าด้านข้างขดลวดต่อหนึ่งร่อง

ตัววัดต้องวางระหว่างด้านข้างขดลวดหุ้มฉนวนที่อยู่ในร่องในตำแหน่งซึ่งน่าจะมีอุณหภูมิสูงสุด

8.6.3.3 หนึ่งด้านข้างขดลวดต่อหนึ่งร่อง

ตัววัดต้องวางระหว่างลิมิตร่องกับด้านนอกของฉนวนขดลวดในตำแหน่งซึ่งน่าจะมีอุณหภูมิสูงสุด แต่ดูข้อ 8.6.1 ด้วย

8.6.3.4 ด้านปิดชุดขดลวด

ตัววัดอุณหภูมิต้องวางระหว่างสองด้านข้างขดลวดที่ติดกันซึ่งอยู่ในด้านปิดชุดขดลวดในตำแหน่งซึ่งน่าจะมีอุณหภูมิสูงสุด จุดรับรู้ของตัววัดแต่ละตัวต้องสัมผัสติดกับพื้นผิวของด้านข้างขดลวดและมีการป้องกันเพียงพอต่ออิทธิพลของสารหล่อเย็น แต่ดูข้อ 8.6.1 ด้วย

8.6.4 การหาโดยวิธีเทอร์มอมิเตอร์

ต้องวางตัววัดที่จุดซึ่งน่าจะมีอุณหภูมิสูงสุด (ตัวอย่างเช่น ในด้านปิดชุดขดลวดใกล้กับแกนเหล็ก) ในลักษณะที่มีการป้องกันอย่างเพียงพอจากการสัมผัสกับสารหล่อเย็นปฐมภูมิและมีการสัมผัสทางความร้อนอย่างดีกับขดลวดหรือส่วนอื่นของมอเตอร์ เพื่อความปลอดภัย

ต้องใช้ค่าที่อ่านได้สูงสุดจากเทอร์มอมิเตอร์ใด ๆ เพื่อหาอุณหภูมิขดลวดหรือส่วนอื่นของมอเตอร์

8.7 ระยะเวลาการทดสอบทางความร้อน

8.7.1 พิกัดสำหรับหน้าที่ต่อเนื่อง

ต้องทดสอบต่อเนื่องไปจนกระทั่งถึงสมดุลความร้อน

8.7.2 พิกัดสำหรับหน้าที่ระยะสั้น

ระยะเวลาการทดสอบต้องเท่ากับระยะเวลาที่กำหนดไว้ในพิกัด

8.7.3 พิกัดสำหรับหน้าที่เป็นคาบ

ตามปกติ ต้องใช้พิกัดสำหรับโหลดสมมูลซึ่งกำหนดโดยผู้ทำ (ดูข้อ 5.2.6) จนกระทั่งถึงสมดุลความร้อน ถ้าตกลงให้ทดสอบกับหน้าที่จริง ต้องใช้วัฏจักรโหลดที่ระบุและทดสอบต่อไปจนกระทั่งมีวัฏจักรอุณหภูมิที่มีลักษณะเหมือนกันในทางปฏิบัติ เกณฑ์สำหรับข้อนี้คือเส้นตรงระหว่างจุดที่สมนัยของวัฏจักรหน้าที่ซึ่งติดต่อกัน ในกราฟอุณหภูมิต้องมีความชันน้อยกว่า 2 เคลวินต่อชั่วโมง ถ้าจำเป็น การวัดต้องทำในช่วงเวลาที่เหมาะสมตลอดคาบเวลา

8.7.4 พิกัดสำหรับหน้าที่ไม่เป็นคาบและสำหรับหน้าที่ที่มีโหลดคงตัวไม่ต่อเนื่อง

ต้องใช้พิกัดสำหรับโหลดสมมูลซึ่งกำหนดโดยผู้ทำ (ดูข้อ 5.2.6) จนกระทั่งถึงสมดุลความร้อน

8.8 การหาเวลาคงตัวสมมูลความร้อนสำหรับมอเตอร์หน้าที่ชนิด S9

เวลาคงตัวสมมูลความร้อนที่มีการระบายอากาศตามภาวะการทำงานตามปกติ เหมาะสำหรับการหาค่าโดยประมาณของช่วงอุณหภูมิ สามารถหาได้จากการเขียนกราฟการระบายความร้อนในลักษณะเดียวกับข้อ 8.6.2.3 ค่าของเวลาคงตัวคือ 1.44 เท่า (นั่นคือ $1/\ln(2)$ เท่า) ของเวลาที่ใช้ระบายความร้อนมอเตอร์เหลือครึ่งหนึ่งของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นขณะโหลดเต็มพิกัด หลังจากตัดวงจรจากแหล่งจ่าย

8.9 การวัดอุณหภูมิรอสัน

อาจใช้ได้ทั้งวิธีเทอร์มอมิเตอร์และวิธี ETD

จุดที่วัดต้องอยู่ใกล้ที่สุดเท่าที่จะทำได้กับตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งในสองตำแหน่งที่ระบุในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 จุดที่วัด
(ข้อ 8.9)

ชนิดของรอสัน	จุดที่วัด	ตำแหน่งของจุดที่วัด
แบบตลับลูกปืน (ball) หรือแบบลูกกลิ้ง (roller)	A	ในตัวเรือนรอสันและไม่เกิน 10 mm ¹ จากแหวนรอบนอกของรอสัน ²
	B	พื้นผิวภายนอกของตัวเรือนรอสันใกล้ที่สุดเท่าที่จะทำได้กับแหวนรอบนอกของรอสัน
แบบปลอก	A	ในเขตความดันของเปลือกรอสัน ³ และไม่เกิน 10 mm ¹ จากช่องว่างฟิล์มน้ำมัน ²
	B	ที่อื่นในเปลือกรอสัน
หมายเหตุ 1 วัดระยะที่จุดใกล้ที่สุดของตัววัดอุณหภูมิที่ฝังหรือกระเปาะเทอร์มอมิเตอร์ หมายเหตุ 2 ในกรณีที่เปนมอเตอร์ “กลับด้านในออก (inside out)” จุด A จะอยู่ในส่วนอยู่กับที่ไม่เกิน 10 mm จากแหวนข้างในและจุด B อยู่บนของส่วนอยู่กับที่ใกล้ที่สุดเท่าที่จะทำได้กับแหวนข้างใน หมายเหตุ 3 เปลือกรอสันคือส่วนรองรับวัสดุรอสันและใช้ยึดตัวเรือน เขตความดันคือส่วนของลึกรอบข้างที่รองรับน้ำหนักของโรเตอร์และโหลดในแนวรัศมี		

ความต้านทานทางความร้อนระหว่างตัววัดอุณหภูมิกับวัตถุซึ่งถูกวัดอุณหภูมิต้องมีค่าน้อยที่สุด ตัวอย่างเช่น ต้องปิดช่องว่างอากาศด้วยแผ่นนำความร้อน

หมายเหตุ ระหว่างจุดที่วัด A กับ B เช่นเดียวกับระหว่างจุดเหล่านี้กับจุดที่ร้อนที่สุดของรอสันมีอุณหภูมิต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของรอสัน สำหรับรอสันแบบปลอกที่มีปลอกอัดเข้า (pressed-in bushing) และสำหรับรอสันแบบตลับลูกปืนและแบบลูกกลิ้งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในไม่เกิน 150 มิลลิเมตร ไม่ต้องคำนึงถึงอุณหภูมิแตกต่างระหว่างจุดที่วัด A กับ B ในกรณีที่รอสันที่ใหญ่กว่า อุณหภูมิแตกต่างระหว่างจุดที่วัด A กับ B ประมาณ 15 เคลวิน

8.10 ซีตจำกัดอุณหภูมิและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

กำหนดให้มีซีตจำกัดสำหรับการทำงานในภาวะการทำงานที่หน้างานซึ่งระบุไว้ในข้อ 6. และที่พิกัดสำหรับหน้าที่ต่อเนื่อง (ภาวะอ้างอิง) ตามด้วยกฎสำหรับการปรับตั้งซีตจำกัดเหล่านั้นเมื่อทำงานที่หน้างานในภาวะอื่นและที่พิกัดอื่น กฎเพิ่มเติมที่ให้ปรับตั้งซีตจำกัดในระหว่างการทดสอบทางความร้อนในภาวะที่หน้างานการทดสอบต่างจากภาวะที่หน้างานการทำงาน

ระบุซีตจำกัดสัมพันธ์กับสารหล่อเย็นอ้างอิงที่ระบุในตารางที่ 4

กำหนดให้มีกฎสำหรับความบริสุทธิ์ของสารหล่อเย็นไฮโดรเจน

8.10.1 ขดลวดระบายความร้อนโดยอ้อม

อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในภาวะอ้างอิงต้องไม่เกินซีตจำกัดในตารางที่ 7 (สารหล่อเย็นอากาศ) หรือตารางที่ 8 (สารหล่อเย็นไฮโดรเจน) ตามความเหมาะสม

สำหรับภาวะการทำงานที่หน้างานอื่น สำหรับพิกัดอื่นที่ไม่ใช่หน้าที่ต่อเนื่อง และสำหรับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดที่มากกว่า 12 000 โวลต์ ต้องปรับตั้งซีตจำกัดตามตารางที่ 9 (ดูตารางที่ 10 ด้วยสำหรับซีตจำกัดอุณหภูมิสารหล่อเย็นในตารางที่ 9)

ในกรณีที่อ่านค่าเทอร์มอมิเตอร์ตามข้อ 8.6.1 ต้องใช้ซีตจำกัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นตามตารางที่ 7

สำหรับขดลวดระบายความร้อนโดยอ้อมด้วยอากาศ ถ้าภาวะที่หน้างานการทดสอบต่างจากภาวะที่หน้างานการทำงาน ต้องใช้ซีตจำกัดที่ปรับตั้งแล้วในตารางที่ 11 ที่หน้างานการทดสอบ

ถ้าซีตจำกัดที่ปรับตั้งแล้วในตารางที่ 11 ทำให้เกิดอุณหภูมิที่ยอมรับได้ที่หน้างานการทดสอบซึ่งผู้ทำถือว่าเกินซีตจำกัด ขั้นตอนการทดสอบและซีตจำกัดต้องเป็นไปตามข้อตกลง

ไม่ได้กำหนดการปรับตั้งที่หน้างานการทดสอบสำหรับขดลวดระบายความร้อนโดยอ้อมด้วยไฮโดรเจน เนื่องจากไม่น่าเป็นไปได้ที่จะทดสอบที่โหลดที่กำหนดในที่อื่นนอกจากที่หน้างานการทำงาน

ตารางที่ 7 ขีดจำกัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของขดลวดระบายความร้อนโดยอัตโนมัติ
(ข้อ 8.10.1)

ระดับชั้นทางความร้อน		130(B)			155(F)			180(H)		
วิธีการวัด	Th = เทอร์มอมิเตอร์ R = ความต้านทาน	Th	R	ETD	Th	R	ETD	Th	R	ETD
ETD = ฝั่งตัววัดอุณหภูมิ		K	K	K	K	K	K	K	K	K
รายการ		ส่วนประกอบของมอเตอร์								
1ก)	ไม่มีข้อความ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1ข)	ขดลวดกระแสสลับของมอเตอร์ที่มีค่ากำลังทางตันออกมากกว่า 200 kW แต่ไม่เกิน 500 kW	-	80	90 ¹	-	105	115 ¹	-	125	135 ¹
1ค)	ขดลวดกระแสสลับของมอเตอร์ที่มีค่ากำลังทางตันออก 200 kW หรือน้อยกว่าที่ไม่ใช่รายการ 1ง) หรือ 1จ) ²	-	80	-	-	105	-	-	125	-
1ง)	ขดลวดกระแสสลับของมอเตอร์ที่มีค่าด้านนอกที่กำหนดน้อยกว่า 600 W ²	-	85	-	-	110	-	-	130	-
1จ)	ขดลวดกระแสสลับที่ระบายความร้อนเองไม่มีพัดลม (International Cooling : IC 40) และ/หรือ ที่มีขดลวดหุ้มฉนวน ²	-	85	-	-	110	-	-	130	-
2	ไม่มีข้อความ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	ไม่มีข้อความ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4ก)	ไม่มีข้อความ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4ข)	ไม่มีข้อความ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4ค)	ไม่มีข้อความ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4ง)	ขดลวดชั้นเดียวของมอเตอร์ที่มีพื้นผิวโลหะเปลือยหรือเคลือบวาร์นิช ³	90	90	-	110	110	-	135	135	-
หมายเหตุ 1 สำหรับการปรับตั้งขดลวดกระแสสลับแรงดันไฟฟ้าสูงดูรายการ 4 ของตารางที่ 9										
หมายเหตุ 2 มีการใช้วิธีทดสอบแบบซ้อนทับกับขดลวดของมอเตอร์ที่มีค่าที่กำหนด 200 kW หรือน้อยกว่าซึ่งมีระดับชั้นทางความร้อน 130 (B) และ 155 (F) ขีดจำกัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นสำหรับวิธี										
ความต้านทานอาจเกินได้ 5 K										
หมายเหตุ 3 รวมถึงขดลวดหลายชั้นด้วย หากชั้นข้างใต้แต่ละชั้นสัมผัสกับสารหล่อเย็นปฐมภูมิที่หมุนเวียน										

ตารางที่ 8 ขีดจำกัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของขดลวดระบายความร้อนโดยอ้อมด้วยไฮโดรเจน
(ข้อ 8.10.1)

ระดับชั้นทางความร้อน		130 (B)		155 (F)	
วิธีการวัด ETD = ฝั่งตัววัดอุณหภูมิ		ความต้านทาน K	ETD K	ความต้านทาน K	ETD K
รายการ					
1	ไม่มีข้อความ	-	-	-	-
2ก	ขดลวดกระแสสลับของมอเตอร์ที่มีค่ากำลังทางด้านออกน้อยกว่า 500 kW หรือที่มีความยาวแกนน้อยกว่า 1 m	80	85 ¹	100	110 ¹
2ข	ไม่มีข้อความ	-	-	-	-
3	ไม่มีข้อความ	-	-	-	-
4ก	ไม่มีข้อความ	-	-	-	-
4ข	ขดลวดชั้นเดียวที่มีพื้นผิวโลหะเปลือยหรือเคลือบวาร์นิช ³	90	-	110	-
หมายเหตุ 1 สำหรับการปรับตั้งขดลวดกระแสสลับแรงดันไฟฟ้าสูงดูรายการ 4 ของตารางที่ 9					
หมายเหตุ 2 ไม่มีข้อความ					
หมายเหตุ 3 รวมถึงขดลวดสนามหลายชั้นด้วย หากชั้นข้างใดแต่ละชั้นสัมผัสกับสารหล่อเย็นปฐมภูมิที่หมุนเวียน					

**ตารางที่ 9 การปรับตั้งขีดจำกัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในการทำงานที่หน้างานของขดลวดระบายความร้อนโดยอ้อม
ที่คำนึงถึงภาวะการทำงานไม่อ้างอิงและพิกัด**
(ข้อ 8.10.1)

รายการ	ภาวะการทำงานหรือพิกัด	การปรับตั้งขีดจำกัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ($\Delta\theta$) ในตารางที่ 7 และตารางที่ 8
1ก	อุณหภูมิสูงสุดของอากาศโดยรอบหรือของก๊าซระบายความร้อนที่ช่องทางเข้ามอเตอร์ (θ_c) และระดับความสูงไม่เกิน 1 000 m ถ้าความแตกต่างระหว่างระดับชั้นทางความร้อนกับขีดจำกัดอุณหภูมิที่สังเกตได้ซึ่งประกอบด้วยผลรวมของอุณหภูมิที่ช่องทางเข้าสารหล่อเย็นขณะเย็นอ้างอิงที่ 40°C และขีดจำกัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นตามตารางที่ 7 และตารางที่ 8 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 K สำหรับระดับความสูงที่มากกว่าให้แทน 40°C ด้วยค่าที่ให้ไว้ในตารางที่ 10	$0^\circ\text{C} \leq \theta_c \leq 40^\circ\text{C}$ เพิ่มขึ้นเท่ากับปริมาณที่อุณหภูมิสารหล่อเย็นน้อยกว่า 40°C
1ข	อุณหภูมิสูงสุดของอากาศโดยรอบหรือของก๊าซระบายความร้อนที่ช่องทางเข้ามอเตอร์ (θ_c) และระดับความสูงไม่เกิน 1 000 m ถ้าความแตกต่างระหว่างระดับชั้นทางความร้อนกับขีดจำกัดอุณหภูมิที่สังเกตได้ซึ่งประกอบด้วยผลรวมของอุณหภูมิที่ช่องทางเข้าสารหล่อเย็นขณะเย็นอ้างอิงที่ 40°C และขีดจำกัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นตามตารางที่ 7 และตารางที่ 8 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 K สำหรับระดับความสูงที่มากกว่าให้แทน 40°C ด้วยค่าที่ให้ไว้ในตารางที่ 10	$0^\circ\text{C} \leq \theta_c \leq 40^\circ\text{C}$ เพิ่มขึ้นเท่ากับปริมาณที่อุณหภูมิสารหล่อเย็นน้อยกว่า 40°C และลดลงด้วยตัวประกอบ $\left(1 - \frac{\text{ระดับชั้นทางความร้อน} - (40^\circ\text{C} + \text{lim.tmp.})}{80\text{K}} \right)$ เมื่อ $\text{lim.tmp.} = \text{ขีดจำกัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นตามตารางที่ 7 หรือ ตารางที่ 8 ที่อุณหภูมิสารหล่อเย็นขณะเย็นที่ } 40^\circ\text{C}$
1ค		$40^\circ\text{C} \leq \theta_c \leq 60^\circ\text{C}$ ลดลงเท่ากับปริมาณที่อุณหภูมิสารหล่อเย็นเกิน 40°C
1ง		$\theta_c < 0$ หรือ $\theta_c > 60^\circ\text{C}$ ตามข้อตกลง
2	อุณหภูมิสูงสุดของน้ำที่ช่องทางเข้าตัวแลกเปลี่ยนความร้อนระบายความร้อนด้วยน้ำหรืออุณหภูมิสูงสุดของน้ำโดยรอบสำหรับมอเตอร์แบบจุ่มในของเหลวที่มีการระบายความร้อนที่ผิวหรือมอเตอร์ที่มีเปลือกนอกระบายความร้อนด้วยน้ำ (θ_w)	$5^\circ\text{C} \leq \theta_w \leq 25^\circ\text{C}$ เพิ่มขึ้น 15 K และเพิ่มขึ้นเท่ากับผลต่างระหว่าง 25°C กับ θ_w $\theta_w > 25^\circ\text{C}$ เพิ่มขึ้น 15 K และเพิ่มขึ้นเท่ากับผลต่างระหว่าง θ_w กับ 25°C

**ตารางที่ 9 การปรับตั้งขีดจำกัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในการทำงานที่หน้างานของขดลวดระบายความร้อนโดยอ้อม
ที่คำนึงถึงภาวะการทำงานไม่อ้างอิงและพิกัด (ต่อ)**

รายการ	ภาวะการทำงานหรือพิกัด		การปรับตั้งขีดจำกัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ($\Delta\theta$) ในตารางที่ 7 และตารางที่ 8
3	ระดับความสูง (H)	$1000\text{ m} < H \leq 4000\text{ m}$ และไม่ได้ระบุอุณหภูมิอากาศโดยรอบสูงสุด $H > 4000\text{ m}$	ไม่ปรับตั้ง ต้องถือว่าการระบายความร้อนที่ลดลงซึ่งเป็นผลจากระดับความสูงถูกชดเชยด้วยอุณหภูมิโดยรอบสูงสุดที่ลดลงต่ำกว่า 40°C ดังนั้นอุณหภูมิรวมจะไม่เกิน 40°C บวกกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในตารางที่ 7 และตารางที่ 8 ¹ ตามข้อตกลง
4	แรงดันไฟฟ้าขดลวดสเตเตอร์ที่กำหนด (U_N)	$12\text{ kV} < U_N \text{ หรือ } \leq 24\text{ kV}$ $U_N > 24\text{ kV}$	$\Delta\theta$ สำหรับตัววัดอุณหภูมิแบบฝัง (ETD) ต้องลดลง 1 K ต่อ 1 kV ตั้งแต่ 12 kV จนถึง 24 kV ตามข้อตกลง
5 ²	พิกัดสำหรับหน้าที่ระยะสั้น (S2) ที่มีค่าด้านออกที่กำหนดน้อยกว่า 5 000 kW		เพิ่มขึ้น 10 K
6 ²	พิกัดสำหรับหน้าที่ไม่เป็นคาบ (S9)		$\Delta\theta$ อาจเกินในคาบสั้นในระหว่างการทำงาน
7 ²	พิกัดสำหรับหน้าที่ที่มีโหลดไม่ต่อเนื่อง (S10)		$\Delta\theta$ อาจเกินในคาบไม่ต่อเนื่องในระหว่างการทำงาน
หมายเหตุ 1 ถือว่าการลดลงของอุณหภูมิโดยรอบเป็นร้อยละ 1 ของขีดจำกัดที่เพิ่มขึ้นสำหรับทุก 100 m ของระดับความสูงเกินกว่า 1 000 m อุณหภูมิอากาศโดยรอบสูงสุดที่หน้างานการทำงานแสดงอยู่ในตารางที่ 10			
หมายเหตุ 2 สำหรับขดลวดระบายความร้อนด้วยอากาศเท่านั้น			

**ตารางที่ 10 การมีอุณหภูมิโดยรอบสูงสุด
(ข้อ 8.2 และข้อ 8.10.1)**

ระดับความสูง m	ระดับชั้นทางความร้อน		
	130 (B)	155 (F)	180 (H)
	อุณหภูมิ $^{\circ}\text{C}$		
1 000	40	40	40
2 000	32	30	28
3 000	24	19	15
4 000	16	9	3

8.10.2 ขดลวดระบายความร้อนโดยตรง

อุณหภูมิในภาวะอ้างอิงต้องไม่เกินขีดจำกัดที่ให้ไว้ในตารางที่ 12

สำหรับภาวะการทำงานที่หน้างานอื่น ต้องปรับตั้งขีดจำกัดตามตารางที่ 13

ถ้าภาวะที่หน้างานการทดสอบต่างจากภาวะที่หน้างานการทำงาน ต้องใช้ขีดจำกัดที่ปรับตั้งแล้วในตารางที่ 14 ที่หน้างานการทดสอบ

ถ้าขีดจำกัดที่ปรับตั้งแล้วในตารางที่ 14 ทำให้เกิดอุณหภูมิที่หน้างานการทดสอบซึ่งผู้ทำถือว่าเกินขีดจำกัด ขั้นตอนการทดสอบและขีดจำกัดต้องเป็นไปตามข้อตกลง

8.10.3 การปรับตั้งที่คำนึงถึงความบริสุทธิ์ของไฮโดรเจนในการทดสอบ

ขดลวดระบายความร้อนโดยตรงหรือโดยอ้อมด้วยไฮโดรเจน ไม่ต้องปรับตั้งขีดจำกัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหรืออุณหภูมิรวมถ้าสัดส่วนของไฮโดรเจนในสารหล่อเย็นอยู่ในช่วงร้อยละ 95 ถึงร้อยละ 100

8.10.4 ขดลวดลัดวงจรอย่างถาวร แกนแม่เหล็ก และส่วนประกอบทางโครงสร้างทั้งหมด (ยกเว้นร่องเส้น) ไม่ว่าจะสัมผัสกับฉนวนหรือไม่

อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหรืออุณหภูมิต้องไม่เป็นอันตรายแก่ฉนวนของส่วนนั้นหรือส่วนอื่นใดที่อยู่ติดกัน

8.10.5 สลึงแบบเปิดหรือหุ้มปิด และแปรง (brush) และเฟืองแปรง (brush gear)

อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหรืออุณหภูมิของสลึง แปรง หรือเฟืองแปรง ต้องไม่เป็นอันตรายกับฉนวนของส่วนนั้นหรือส่วนอื่นใดที่อยู่ติดกัน

อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหรืออุณหภูมิของสลึงต้องไม่เกินที่ชั้นคุณภาพของแปรงและวัสดุของสลึงรวมกันสามารถรับกระแสไฟฟ้าเกินพิสัยการทำงานเต็มพิกัด

ตารางที่ 11 ขีดจำกัดที่ปรับตั้งแล้วของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นที่หน้างานการทดสอบ ($\Delta\theta_T$)
สำหรับขดลวดระบายความร้อนโดยอ้อมด้วยอากาศที่ค้ำน้ำถึงภาวะการทำงานที่หน้างานการทดสอบ
 (ข้อ 8.3.3 และข้อ 8.10.1)

รายการ	ภาวะทดสอบ		ขีดจำกัดที่ปรับตั้งแล้วที่หน้างานการทดสอบ $\Delta\theta_T$
1	ความแตกต่างของอุณหภูมิสารหล่อเย็น อ้างอิงที่หน้างานการทดสอบ (θ_{cT}) กับหน้างานการทำงาน (θ_c)	ค่าสัมบูรณ์ของ $(\theta_c - \theta_{cT}) \leq 30 \text{ K}$	$\Delta\theta_T = \Delta\theta$
		ค่าสัมบูรณ์ของ $(\theta_c - \theta_{cT}) > 30 \text{ K}$	ตามข้อตกลง
2	ความแตกต่างของระดับความสูงของ หน้างานการทดสอบ (H_T) กับหน้างานการทำงาน (H)	$1\,000 \text{ m} < H \leq 4\,000 \text{ m}$ $H_T < 1\,000 \text{ m}$	$\Delta\theta_T = \Delta\theta \left(1 - \frac{H - 1\,000 \text{ m}}{10\,000 \text{ m}} \right)$
		$H < 1\,000 \text{ m}$ $1\,000 \text{ m} < H_T \leq 4\,000 \text{ m}$	$\Delta\theta_T = \Delta\theta \left(1 + \frac{H_T - 1\,000 \text{ m}}{10\,000 \text{ m}} \right)$
		$1\,000 \text{ m} < H \leq 4\,000 \text{ m}$ $1\,000 \text{ m} < H_T \leq 4\,000 \text{ m}$	$\Delta\theta_T = \Delta\theta \left(1 + \frac{H_T - H}{10\,000 \text{ m}} \right)$
		$H > 4\,000 \text{ m}$ หรือ $H_T > 4\,000 \text{ m}$	ตามข้อตกลง

หมายเหตุ 1 $\Delta\theta$ อยู่ในตารางที่ 7 และถ้าจำเป็น ให้ปรับตั้งตามตารางที่ 9

หมายเหตุ 2 ถ้าวัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นซึ่งอยู่เหนืออุณหภูมิของน้ำที่ทางเข้าของตัวระบายความร้อน ยอมให้มีผลกระทบของระดับความสูงต่อความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอากาศกับน้ำ อย่างไรก็ตาม สำหรับการออกแบบตัวระบายความร้อนส่วนใหญ่จะมีผลกระทบน้อย ความแตกต่างจะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของระดับความสูงที่อัตราประมาณ 2 K ต่อ 1 000 m ถ้าจำเป็นต้องปรับตั้ง ต้องทำตามข้อตกลง

ตารางที่ 12 ขีดจำกัดอุณหภูมิของขดลวดระบายความร้อนโดยตรงและสารหล่อเย็น
(ข้อ 8.4 และข้อ 8.10.2)

ระดับชั้นทางความร้อน		130 (B)			155 (F)		
วิธีการวัด Th = เทอร์มอมิเตอร์ R = ความต้านทาน ETD = ฟังก์ชันวัดอุณหภูมิ		Th °C	R °C	ETD °C	Th °C	R °C	ETD °C
รายการ	ส่วนประกอบของมอเตอร์						
1	สารหล่อเย็นที่ช่องทางออกของขดลวด กระแสสลับระบายความร้อนโดยตรง แนะนำให้ใช้อุณหภูมิเหล่านี้เป็นพื้นฐาน ของพิกัดสำหรับค่าในรายการ 2						
1ก)	ก๊าซ (อากาศ ไฮโดรเจน ฮีเลียม ฯลฯ)	110	-	-	130	-	-
1ข)	น้ำ	90	-	-	90	-	-
2	ขดลวดกระแสสลับ						
2ก)	ระบายความร้อนด้วยก๊าซ	-	-	120	-	-	145
2ข)	ระบายความร้อนด้วยของเหลว			หมายเหตุ 1			หมายเหตุ 1
3	ไม่มีข้อความ						
3ก)	ไม่มีข้อความ	-	-	-	-	-	-
3ข)	ไม่มีข้อความ	-	-	-	-	-	-
4	ไม่มีข้อความ						
4ก)	ไม่มีข้อความ	-	-	-	-	-	-
4ข)	ไม่มีข้อความ	-	-	-	-	-	-
หมายเหตุ 1 ไม่ปรับตั้งรายการเหล่านี้ในกรณีของขดลวดกระแสสลับแรงดันไฟฟ้าสูง ดูตารางที่ 13 รายการ 2							

**ตารางที่ 13 การปรับตั้งขีดจำกัดอุณหภูมิที่หน้างานการทำงานสำหรับขดลวดระบายความร้อนโดยตรง
ด้วยอากาศหรือไฮโดรเจนที่ค้ำึงถึงภาวะการทำงานไม่อ้างอิงและพิกัด
(ข้อ 8.10.2)**

รายการ	ภาวะการทำงานหรือพิกัด		การปรับตั้งขีดจำกัดอุณหภูมิในตารางที่ 12
1	อุณหภูมิ θ_c ของสารหล่อเย็นอ้างอิง	$0^\circ\text{C} \leq \theta_c \leq 40^\circ\text{C}$	ลดลงเท่ากับความแตกต่างระหว่าง 40°C กับ θ_c แต่อาจลดลงน้อยกว่านี้ได้ตามข้อตกลง หาก $\theta_c < 10^\circ\text{C}$ ให้ลดลงอย่างน้อยเท่ากับความแตกต่างระหว่าง 10°C กับ θ_c
		$40^\circ\text{C} < \theta_c \leq 60^\circ\text{C}$	ไม่ปรับตั้ง
		$\theta_c < 0$ หรือ $\theta_c > 60^\circ\text{C}$	ตามข้อตกลง
2	แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดของขดลวดสเตเตอร์ (U_N)	$U_N > 11 \text{ kV}$	ไม่ปรับตั้ง การกระจายความร้อนส่วนใหญ่ผ่านทางสารหล่อเย็นข้างในตัวนำและไม่ผ่านฉนวนหลักของขดลวด

ตารางที่ 14 ค่าจำกัดที่ปรับตั้งแล้วของอุณหภูมิที่หน้างานการทดสอบ θ_T
 สำหรับขดลวดระบายความร้อนโดยตรงด้วยอากาศที่คำนึงถึงภาวะการทำงานที่หน้างานการทดสอบ
 (ข้อ 8.3.3 และข้อ 8.10.2)

รายการ	ภาวะการทำงาน		ขีดจำกัดที่ปรับตั้งแล้วของอุณหภูมิที่ หน้างานการทดสอบ θ_T
1	ความแตกต่างของอุณหภูมิสาร หล่อเย็นอ้างอิงที่หน้างานการทดสอบ (θ_{cT}) กับหน้างานการทำงาน (θ_c)	ค่าสัมบูรณ์ของ $(\theta_c - \theta_{cT}) \leq 30 \text{ K}$	$\theta_T = \theta$
		ค่าสัมบูรณ์ของ $(\theta_c - \theta_{cT}) > 30 \text{ K}$	ตามข้อตกลง
2	ความแตกต่างของระดับความสูงของ หน้างานการทดสอบ (H_T) กับหน้างานการทำงาน (H)	$1\,000 \text{ m} < H \leq 4\,000 \text{ m}$ $H_T < 1\,000 \text{ m}$	$\theta_T = (\theta - \theta_c) \left(1 - \frac{H - 1\,000 \text{ m}}{10\,000 \text{ m}} \right) + \theta_{cT}$
		$H < 1\,000 \text{ m}$ $1\,000 \text{ m} < H_T \leq 4\,000 \text{ m}$	$\theta_T = (\theta - \theta_c) \left(1 + \frac{H_T - 1\,000 \text{ m}}{10\,000 \text{ m}} \right) + \theta_{cT}$
		$1\,000 \text{ m} < H \leq 4\,000 \text{ m}$ $1\,000 \text{ m} < H_T \leq 4\,000 \text{ m}$	$\theta_T = (\theta - \theta_c) \left(1 + \frac{H_T - H}{10\,000 \text{ m}} \right) + \theta_{cT}$
		$H > 4\,000 \text{ m}$ หรือ $H_T > 4\,000 \text{ m}$	ตามข้อตกลง
หมายเหตุ 1 θ อยู่ในตารางที่ 12 และถ้าจำเป็น ให้ปรับตั้งตามตารางที่ 13			

9. สมรรถนะอื่นและการทดสอบ

9.1 การทดสอบประจำ

การทดสอบประจำให้ทดสอบที่โรงงาน และทดสอบเฉพาะมอเตอร์ซึ่งประกอบที่ที่ทำงานของผู้ทำเท่านั้น มอเตอร์ไม่จำเป็นต้องประกอบเสร็จสมบูรณ์ อาจไม่มีส่วนประกอบซึ่งไม่จำเป็นสำหรับการทดสอบ การทดสอบประจำไม่จำเป็นต้องต่อฟ่วงมอเตอร์

ตารางรายการทดสอบอย่างน้อยที่สุดดังแสดงในตารางที่ 15 ใช้สำหรับมอเตอร์ที่มีค่าด้านนอกที่กำหนด ≤ 500 กิโลวัตต์ อาจมีการทดสอบประจำเพิ่มเติมโดยเฉพาะกับมอเตอร์ที่มีพิกัดมากกว่า 200 กิโลวัตต์

ตารางที่ 15 รายการอย่างน้อยที่สุดของการทดสอบประจำ
(ข้อ 9.1)

หมายเลข	การทดสอบ
1	ความต้านทานขดลวด (เย็น)
2	ความสูญเสียขณะไม่มีโหลดและกระแสไฟฟ้า
3ก	ไม่มีข้อความ
3ข	ไม่มีข้อความ
4	ไม่มีข้อความ
5	แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำทุติยภูมิเปิดวงจรขณะหยุดนิ่ง (โรเตอร์แบบพันขดลวด) ³
6ก	ทิศทางการหมุน
6ข	ไม่มีข้อความ
7	การทดสอบความทนแรงดันไฟฟ้าตามข้อ 9.2
หมายเหตุ 1 ไม่มีข้อความ หมายเหตุ 2 ไม่มีข้อความ หมายเหตุ 3 เพื่อดำเนินถึงความปลอดภัย อาจทดสอบที่แรงดันไฟฟ้าซึ่งลดลง	

9.2 การทดสอบความทนแรงดันไฟฟ้า

แรงดันไฟฟ้าทดสอบดังที่ระบุข้างล่างต้องป้อนระหว่างขดลวดที่ทดสอบกับโครงของมอเตอร์ โดยที่แกนและขดลวดที่ไม่ได้ทดสอบต่อเข้ากับโครง ต้องทดสอบกับมอเตอร์ที่เสร็จสมบูรณ์และใหม่ซึ่งส่วนประกอบทั้งหมดอยู่ในตำแหน่งในภาวะที่เทียบเท่ากับภาวะการใช้งานตามปกติ และต้องทดสอบที่ที่ทำงานของผู้ทำหรือหลังจากการสร้างที่โรงงาน ต้องทดสอบความทนแรงดันไฟฟ้าทันทีหลังจากการทดสอบทางความร้อน

ในกรณีของมอเตอร์สามเฟสที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดมากกว่า 1 กิโลโวลต์ ซึ่งปลายทั้งสองของแต่ละเฟสสามารถเข้าถึงได้แยกต่างหาก ต้องป้องกันแรงดันไฟฟ้าทดสอบระหว่างเฟสแต่ละเฟสกับโครง โดยที่แกนและเฟสอื่นและขดลวดที่ไม่ได้ทดสอบต่อเข้ากับโครง

ยกเว้นดังที่ระบุข้างล่าง แรงดันไฟฟ้าทดสอบต้องมีความถี่กำลังและรูปคลื่นใกล้เคียงกับรูปคลื่นไซน์มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ค่าสุดท้ายของแรงดันไฟฟ้าต้องเป็นไปตามตารางที่ 16 แต่สำหรับมอเตอร์ที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 6 กิโลโวลต์หรือมากกว่า เมื่อไม่มีอุปกรณ์ความถี่กำลังอาจทดสอบไฟฟ้ากระแสตรงที่แรงดันไฟฟ้า 1.7 เท่าของค่ารากกำลังสองเฉลี่ยที่ให้ในตารางที่ 16 โดยข้อตกลง

หมายเหตุ เป็นที่ยอมรับกันว่า ในระหว่างการทดสอบไฟฟ้ากระแสตรง การกระจายศักย์ไฟฟ้าที่ผิวตามฉนวนของด้านปิดชุดขดลวด และการเสื่อมสภาพทางกลต่างกับที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบไฟฟ้ากระแสสลับ

ต้องเริ่มทดสอบที่แรงดันไฟฟ้าไม่เกินครึ่งหนึ่งของแรงดันไฟฟ้าทดสอบเต็มที่ หลังจากนั้นต้องเพิ่มแรงดันไฟฟ้าขึ้นถึงค่าเต็มที่ โดยเพิ่มขึ้นทีละน้อยหรือเป็นขั้นบันไดไม่เกินร้อยละ 5 ของค่าเต็มที่ เวลาที่ใช้สำหรับการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าจากครึ่งหนึ่งจนถึงค่าเต็มที่ไม่น้อยกว่า 10 วินาที ต้องคงแรงดันไฟฟ้าทดสอบเต็มที่ไว้เป็นเวลา 1 นาที ตามค่าที่ระบุในตารางที่ 16 ต้องไม่มีความผิดปกติ (ตาม IEC 60060-1) ในระหว่างคาบนี้

ในระหว่างการทดสอบประจำของปริมาณที่เกิดขึ้นในมอเตอร์ไม่เกิน 200 กิโลวัตต์ และค่าที่กำหนดสำหรับ $U_N \leq 1$ กิโลโวลต์ อาจแทนการทดสอบ 1 นาทีด้วยการทดสอบ 1 วินาทีที่ร้อยละ 120 ของแรงดันไฟฟ้าทดสอบที่ระบุในตารางที่ 16

การทดสอบความทนแรงดันไฟฟ้าที่แรงดันไฟฟ้าเต็มที่เท่ากับขดลวดเพื่อการยอมรับห้ามทดสอบซ้ำ แต่ถ้าการทดสอบครั้งที่สองทำตามความต้องการของผู้ซื้อ และหลังจากทำให้แห้งถ้าจำเป็น แรงดันไฟฟ้าทดสอบต้องเท่ากับร้อยละ 80 ของแรงดันไฟฟ้าที่ระบุในตารางที่ 16

ขดลวดที่พันใหม่อย่างสมบูรณ์ต้องทดสอบที่แรงดันไฟฟ้าทดสอบเต็มที่สำหรับมอเตอร์ใหม่

เมื่อผู้ใช้และผู้ให้สัญญาซ่อมได้ตกลงทดสอบความทนแรงดันไฟฟ้าในกรณีของขดลวดที่พันใหม่บางส่วนหรือในกรณีของมอเตอร์ที่ยกเครื่องใหม่ แนะนำให้ใช้ขั้นตอนดังต่อไปนี้

- ก) ขดลวดที่พันใหม่บางส่วน ให้ทดสอบที่ร้อยละ 75 ของแรงดันไฟฟ้าทดสอบสำหรับมอเตอร์ใหม่ ก่อนการทดสอบต้องทำความสะอาดส่วนของขดลวดเก่าและทำให้แห้งอย่างระมัดระวัง
- ข) มอเตอร์ที่ยกเครื่องใหม่ หลังจากทำความสะอาดและทำให้แห้ง ให้ทดสอบที่แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 1.5 เท่าของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด โดยค่าต่ำสุดเท่ากับ 1 000 โวลต์ ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดเท่ากับหรือมากกว่า 100 โวลต์ และค่าต่ำสุดเท่ากับ 500 โวลต์ ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดน้อยกว่า 100 โวลต์

ตารางที่ 16 การทดสอบความทนแรงดันไฟฟ้า
(ข้อ 9.2)

รายการ	มอเตอร์หรือส่วนประกอบ	แรงดันไฟฟ้าทดสอบ (r.m.s.)
1	ขดลวดหุ้มฉนวนของมอเตอร์ที่มีค่าด้านนอกที่กำหนดน้อยกว่า 1 kW และแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดน้อยกว่า 100 V ที่ไม่มีรายการ 4 ถึงรายการ 8	500 V + สองเท่าของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด
2	ขดลวดหุ้มฉนวนของมอเตอร์ที่มีค่าด้านนอกที่กำหนดน้อยกว่า 500 kW ที่ไม่มีรายการ 1 และรายการ 4 ถึงรายการ 8 (หมายเหตุ 2)	1 000 V + สองเท่าของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดแต่ไม่น้อยกว่า 1 500 V (หมายเหตุ 1)
3	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
4	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
5	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
5ก)	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
5ข)	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
5ค)	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
6	ขดลวดทุติยภูมิ (โดยทั่วไปคือโรเตอร์) ของมอเตอร์ถ้าไม่ลัดวงจรอย่างถาวร (ตัวอย่างเช่น ถ้าเจตนาให้การเริ่มเดินเครื่องปรับค่าได้)	
6ก)	สำหรับมอเตอร์ที่กลับทางหมุนไม่ได้หรือมอเตอร์ที่กลับทางหมุนได้จากขั้วหนึ่งเท่านั้น	1 000 V + สองเท่าของแรงดันไฟฟ้าขณะหยุดนิ่งเปิดวงจรที่วัดระหว่างสลิปริงหรือขั้วต่อทุติยภูมิที่ป้อนแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดให้แก่ขดลวดปฐมภูมิ
6ข)	สำหรับมอเตอร์ที่กลับทางหมุนหรือหยุดโดยการกลับขั้วแหล่งจ่ายปฐมภูมิขณะที่เดินมอเตอร์	1 000 V + สี่เท่าของแรงดันไฟฟ้าทุติยภูมิขณะหยุดนิ่งเปิดวงจรดังที่ระบุในรายการ 6ก)
7	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
8	มอเตอร์ที่ต่อระหว่างกันทางไฟฟ้าและเครื่องสำเร็จ	การทดสอบซ้ำในรายการ 1 ถึงรายการ 7 ข้างบนถ้าเป็นไปได้ควรหลีกเลี่ยง แต่ถ้าทดสอบกับกลุ่มของมอเตอร์และเครื่องสำเร็จ ตัวที่ผ่านการทดสอบความทนแรงดันไฟฟ้ามาก่อน ต้องใช้แรงดันไฟฟ้าทดสอบร้อยละ 80 ของแรงดันไฟฟ้าทดสอบต่ำสุดที่เหมาะสมกับชิ้นส่วนแต่ละชิ้นของการจัดการที่ต่อกันทางไฟฟ้า (หมายเหตุ 4)

ตารางที่ 16 การทดสอบความทนแรงดันไฟฟ้า (ต่อ)

รายการ	มอเตอร์หรือส่วนประกอบ	แรงดันไฟฟ้าทดสอบ (r.m.s.)
9	อุปกรณ์ที่สัมผัสทางกลกับขดลวด ตัวอย่างเช่น ตัววัดอุณหภูมิ ต้องทดสอบกับโครงมอเตอร์ ในระหว่างการทดสอบความทนกับมอเตอร์ อุปกรณ์ทั้งหมดที่สัมผัสทางกลกับขดลวดต้องต่อกับโครงมอเตอร์	1 500 V
หมายเหตุ 1 สำหรับขดลวดสองเฟสที่มีขั้วต่อขั้วหนึ่งเป็นขั้วร่วม แรงดันไฟฟ้าในสูตรต้องเป็นแรงดันไฟฟ้าค่ารากกำลังสองเฉลี่ยสูงสุดที่เกิดขึ้นระหว่างสองขั้วต่อใดๆ ในระหว่างการทำงาน หมายเหตุ 2 การทดสอบความทนกับมอเตอร์ที่มีการฉนวนชนิดต่างๆ ต้องขึ้นอยู่กับข้อตกลง หมายเหตุ 3 ไม่มีข้อความ หมายเหตุ 4 สำหรับขดลวดของมอเตอร์หนึ่งเครื่องหรือมากกว่าต่อเข้าด้วยกันทางไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าที่พิจารณาคือแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นซึ่งสัมพันธ์กับดิน		

9.3 กระแสไฟฟ้าเกินเฉพาะคราว

9.3.1 ทั่วไป

กำหนดให้มีความสามารถทนกระแสไฟฟ้าเกินของมอเตอร์เพื่อประสงค์ให้มอเตอร์เข้ากันได้กับอุปกรณ์ควบคุมและอุปกรณ์ป้องกัน การทดสอบแสดงความสามารถเหล่านี้ไม่ใช่คุณลักษณะที่ต้องการของมาตรฐานนี้ ผลกระทบทางความร้อนในขดลวดมอเตอร์แปรผันโดยประมาณกับผลคูณของเวลากับกระแสไฟฟ้ายกกำลังสอง กระแสไฟฟ้าที่เกินกระแสไฟฟ้าที่กำหนดเป็นผลให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น เว้นแต่ตกลงไว้เป็นอย่างอื่น ให้ถือว่ามอเตอร์ไม่ทำงานที่กระแสไฟฟ้าเกินเป็นเวลามากกว่าสองถึงสามคาบสั้นๆ ในระหว่างอายุการใช้งานของมอเตอร์ เมื่อใช้มอเตอร์เป็นทั้งเครื่องกำเนิดและมอเตอร์ ความสามารถทนกระแสไฟฟ้าเกินต้องใช้ตามข้อตกลง

9.3.2 ไม่มีข้อความ

9.3.3 มอเตอร์

มอเตอร์สามเฟสที่มีค่าด้านนอกที่กำหนดไม่เกิน 315 กิโลวัตต์ และแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 1 กิโลโวลต์ ต้องสามารถทนกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 1.5 เท่าของกระแสไฟฟ้าที่กำหนดเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 2 นาที

หมายเหตุ มอเตอร์สามเฟสที่มีค่าด้านนอกที่กำหนดมากกว่า 315 กิโลวัตต์ และมอเตอร์เฟสเดียว ไม่มีการกำหนดกระแสไฟฟ้าเกินเฉพาะคราว

9.3.4 ไม่มีข้อความ

9.4 ทอร์กเกินชั่วขณะสำหรับมอเตอร์

9.4.1 มอเตอร์สามเฟส

มอเตอร์ทุกหน้าที่และการสร้างต้องสามารถทนทอร์กเกินได้อย่างน้อยร้อยละ 60 ของทอร์กที่กำหนดเป็นเวลา 15 วินาที โดยไม่มีทั้งการหยุดนิ่งหรือแสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบอย่างทันที (ภายใต้การเพิ่มทอร์กขึ้นทีละน้อย) ต้องคงแรงดันไฟฟ้าและความถี่ไว้ที่ค่าที่กำหนด

หมายเหตุ 1 ต้องการทอร์กที่สูงขึ้นสำหรับมอเตอร์บางแบบที่ทำตามมาตรฐาน IEC 60034-12

มอเตอร์สำหรับหน้าที่ชนิด S9 ต้องสามารถทนทอร์กเกินชั่วขณะที่กำหนดไว้ตามหน้าที่ที่ระบุ

หมายเหตุ 2 สำหรับการหาค่าโดยประมาณของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเนื่องจากความสูญเสียที่สัมพันธ์กับกระแสไฟฟ้า อาจใช้เวลาคงตัวสมมูลความร้อนที่กำหนดไว้ตามข้อ 8.8

มอเตอร์ที่มีเจตนาให้ใช้งานเฉพาะซึ่งต้องการทอร์กสูง (ตัวอย่างเช่น เครื่องยก) ต้องใช้ตามข้อตกลง

มอเตอร์แบบกรงกระรอกโดยเฉพาะที่ออกแบบเพื่อให้แน่ใจว่ากระแสไฟฟ้าเริ่มเดินเครื่องน้อยกว่า 4.5 เท่าของกระแสไฟฟ้าที่กำหนด ทอร์กเกินสามารถต่ำกว่าร้อยละ 60 ที่กำหนดให้ในย่อหน้าที่ 1 แต่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50

ในกรณีของมอเตอร์แบบพิเศษที่มีสมบัติการเริ่มเดินเครื่องในตัวเองพิเศษ ตัวอย่างเช่น มอเตอร์ที่มีเจตนาให้ใช้กับความถี่แปรผันได้หรือมอเตอร์ที่ป้อนไฟฟ้าจากตัวแปลงผันแบบสวิตช์ ค่าของทอร์กเกินต้องใช้ตามข้อตกลง

9.4.2 ไม่มีข้อความ

9.4.3 มอเตอร์อื่น

ทอร์กเกินชั่วขณะสำหรับมอเตอร์เฟสเดียว ต้องใช้ตามข้อตกลง

9.5 ทอร์กจุดขึ้น

เว้นแต่ระบุไว้เป็นอย่างอื่น (ตัวอย่างเช่น มอเตอร์ตามมาตรฐาน IEC 60034-12) ทอร์กจุดขึ้นของมอเตอร์แบบกรงกระรอกที่แรงดันไฟฟ้าเต็มที่ต้องไม่น้อยกว่า 0.3 เท่าของทอร์กที่กำหนด

9.6 ความเร็วรอบทำงานปลอดภัยของมอเตอร์แบบกรงกระรอก

มอเตอร์สามเฟสแบบกรงกระรอกที่มีความเร็วรอบเดียวทั้งหมดที่มีหมายเลขโครงไม่เกิน 315 และสำหรับแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 1 000 โวลต์ ต้องสามารถทำงานอย่างต่อเนื่องปลอดภัยที่ความเร็วรอบจนถึงความเร็วรอบที่เหมาะสมในตารางที่ 17 เว้นแต่ระบุไว้เป็นอย่างอื่นบนแผ่นป้ายพิกัด

ตารางที่ 17 ความเร็วรอบทำงานปลอดภัยสูงสุด (รอบต่อนาที) ของมอเตอร์แบบกรงกระรอก
ความเร็วรอบเดียวสามเฟสสำหรับแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 1 000 โวลต์
(ข้อ 9.6)

หมายเลขโครง	2 ขั้ว	4 ขั้ว	6 ขั้ว
≤ 100	5 200	3 600	2 400
112	5 200	3 600	2 400
132	4 500	2 700	2 400
160	4 500	2 700	2 400
180	4 500	2 700	2 400
200	4 500	2 300	1 800
225	3 600	2 300	1 800
250	3 600	2 300	1 800
280	3 600	2 300	1 800
315	3 600	2 300	1 800
หมายเหตุ ค่าข้างบนอาจต้องลดลงเพื่อให้เป็นไปตามคุณลักษณะที่ต้องการของ IEC 60079			

หมายเหตุ เมื่อทำงานที่ความเร็วรอบมากกว่าความเร็วรอบที่กำหนดข้างบน ตัวอย่างเช่น เมื่อใช้กับตัวควบคุมความเร็วรอบ ปรับตั้งได้ระดับเสียงรบกวนและการสั่นจะเพิ่มขึ้น ผู้ใช้อาจต้องการ การปรับสมดุลที่ดีของโรเตอร์ของมอเตอร์ สำหรับการทำงานสูงกว่าความเร็วรอบที่กำหนดที่ยอมรับได้ อายุการใช้งานของร่องลื่นอาจลดลง ควรให้ความสนใจเกี่ยวกับช่วงเวลาการเติมจาระบีและอายุการใช้งานของจาระบี

9.7 ความเร็วรอบเกิน

ต้องออกแบบมอเตอร์ให้สามารถทนความเร็วรอบที่ระบุในตารางที่ 18

การทดสอบความเร็วรอบเกินโดยปกติไม่ถือว่าจำเป็นแต่สามารถทดสอบเมื่อมีการระบุและได้ตกลงกันได้ ต้องถือว่าการทดสอบความเร็วรอบเกินเป็นที่น่าสนใจถ้าไม่มีการผิดรูปที่ไม่ปกติอย่างถาวรเกิดขึ้นตามมา และไม่พบการด้อยลงอื่นซึ่งจะเป็นอุปสรรคต่อมอเตอร์ในการทำงานตามปกติ และหลังจากการทดสอบขดลวด โรเตอร์เป็นไปตามการทดสอบไดอิเล็กทริกที่กำหนด ระยะเวลาของการทดสอบความเร็วรอบเกินใดๆ ต้องเท่ากับ 2 นาที

เนื่องจากการจัดขอบของโรเตอร์ที่อัดซ้อน ขั้วที่อัดซ้อนแต่ละส่วนยึดกันด้วยการเชื่อมหรือด้วยสลัก ฯลฯ การเพิ่มขึ้นอย่างถาวรของเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กน้อยเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้ และไม่ถือว่าการผิดรูปที่ไม่ปกติ ซึ่งแสดงว่ามอเตอร์ไม่เหมาะสมสำหรับการทำงานตามปกติ

ตารางที่ 18 ความเร็วรอบเกิน
(ข้อ 9.7)

รายการ	ชนิดของเครื่องจักร	ความเร็วรอบเกิน
1	มอเตอร์ มอเตอร์ทั้งหมดที่ไม่ใช้มอเตอร์ที่ระบุข้างล่าง	1.2 เท่าของความเร็วรอบที่กำหนดสูงสุด
1ก)	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
1ข)	มอเตอร์ที่อาจอยู่ในสภาวะที่ขับเคลื่อนด้วยโหลด	ความเร็วรอบหลุดออก (runaway speed) ที่ระบุของชุด แต่ไม่น้อยกว่า 1.2 เท่าของความเร็วรอบที่กำหนดสูงสุด
1ค)	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
1ง)	มอเตอร์สามเฟสแบบกรงกระรอกที่มีความเร็วรอบเดียวตามข้อ 9.6	1.2 เท่าของความเร็วรอบทำงานปลอดภัยสูงสุด
2	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
2ก)	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
2ข)	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
2ค)	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
2ง)	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
2จ)	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ

9.8 ไม่มีข้อความ

9.9 ไม่มีข้อความ

9.10 ไม่มีข้อความ

9.11 ไม่มีข้อความ

9.11.1 ไม่มีข้อความ

9.11.2 ไม่มีข้อความ

9.11.3 ไม่มีข้อความ

10. แผ่นป้ายพิกัด

10.1 ทัวไป

มอเตอร์ทุกตัวต้องจัดให้มีแผ่นป้ายพิกัด แผ่นป้ายต้องทำจากวัสดุที่ทนทานและยึดติดไว้อย่างมั่นคง

โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องยึดติดแผ่นป้ายพิกัดบนโครงของมอเตอร์และอยู่ในตำแหน่งที่เห็นได้ง่ายในการใช้งานโดยพิจารณาจากแบบของการสร้างและการจัดการติดตั้งของมอเตอร์ ถ้ามอเตอร์ถูกปิดหุ้มหรือรวมอยู่ในอุปกรณ์ที่แผ่นป้ายพิกัดไม่สามารถเห็นได้ง่าย ผู้ทำต้องจัดให้มีแผ่นป้ายที่สองยึดติดไว้บนอุปกรณ์ตามที่ขอ

10.2 การทำเครื่องหมาย

มอเตอร์ที่มีค่าด้านนอกที่กำหนดไม่เกิน 750 วัตต์ และมีมิติที่ไม่ครอบคลุมโดย IEC 60072 ต้องทำเครื่องหมายด้วยข้อมูลในข้อ 1) ข้อ 2) ข้อ 11) ข้อ 12) และข้อ 26) ข้างล่างเป็นอย่างน้อย สำหรับจุดประสงค์พิเศษและมอเตอร์ฝังในที่มีค่าด้านนอกที่กำหนดไม่เกิน 3 กิโลวัตต์ ต้องทำเครื่องหมายข้อ 1) ข้อ 2) ข้อ 11) และข้อ 12) เป็นอย่างน้อย และข้อ 26) อาจอยู่ในรูปแบบอื่น

ในกรณีอื่นทั้งหมด แผ่นป้ายพิกัดต้องทำเครื่องหมายอย่างทนทานด้วยรายการดังต่อไปนี้เท่าที่ใช้กับมอเตอร์ รายการทั้งหมดไม่จำเป็นต้องอยู่บนแผ่นป้ายเดียวกัน สัญลักษณ์อักษรสำหรับหน่วยและปริมาณต่างๆ ต้องเป็นไปตาม IEC 60027-1 และ IEC 60027-4

ถ้าผู้ทำให้ข้อมูลเพิ่มขึ้น ไม่จำเป็นต้องทำเครื่องหมายข้อมูลนั้นบนแผ่นป้ายพิกัด

การจัดลำดับรายการเพื่อให้เหมาะสำหรับใช้อ้างอิง แต่ลำดับที่ปรากฏอยู่บนแผ่นป้ายพิกัดไม่ได้กำหนดไว้เป็นมาตรฐาน อาจนำรายการต่างๆ มารวมกันตามความเหมาะสม

- 1) ชื่อผู้ทำหรือเครื่องหมายของผู้ทำ
- 2) เลขลำดับ (serial number) หรือเครื่องหมายระบุ (identification mark) ของผู้ทำ
หมายเหตุ อาจใช้เครื่องหมายระบุเครื่องหมายเดียวระบุสมาชิกแต่ละสมาชิกของกลุ่มมอเตอร์ที่ทำในการออกแบบทางไฟฟ้าและทางกลเดียวกัน และผลิตในคราวเดียวโดยใช้เทคโนโลยีเดียวกัน
- 3) ข้อมูลที่ระบุปีที่ทำ ต้องทำเครื่องหมายบนแผ่นป้ายพิกัดหรือให้ไว้ในแผ่นข้อมูลแยกต่างหากที่จัดให้มากับมอเตอร์
หมายเหตุ ถ้าข้อมูลนี้สามารถได้จากผู้ทำโดยอ้างอิงกับข้อมูลที่ระบุในรายการ 2 อาจยกเว้นไม่ต้องทำเครื่องหมายทั้งบนแผ่นป้ายพิกัดและแผ่นข้อมูลแยกต่างหาก
- 4) รหัสมอเตอร์ (machine code) ของผู้ทำ
- 5) จำนวนของเฟส
- 6) จำนวนของพิกัดและมาตรฐานสมรรถนะที่ใช้ได้ (IEC 60034-X และ/หรือ มาตรฐานระดับชาติที่เทียบเท่า) ถ้าทำเครื่องหมายเป็น IEC 60034 จะเป็นไปตามมาตรฐานอื่นที่เกี่ยวข้องเนื่องทั้งหมดของอนุกรม IEC 60034

- 7) ระดับการป้องกันที่มีโดยการออกแบบทั้งหมดของเปลือกหุ้มมอเตอร์ (รหัส IP) ตาม IEC 60034-5
- 8) ระดับชั้นทางความร้อน และขีดจำกัดอุณหภูมิหรือขีดจำกัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (ถ้าต่ำกว่าระดับชั้นทางความร้อน) และวิธีการวัด ถ้าจำเป็น ในกรณีของมอเตอร์ที่มีตัวแลกเปลี่ยนความร้อนระบายความร้อนด้วยน้ำ โดย “P” หรือ “S” ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นวัดที่สารหล่อเย็นปฐมภูมิ (P) หรือสารหล่อเย็นทุติยภูมิ (S) ตามลำดับ (ดูข้อ 8.2) ข้อมูลนี้ต้องให้ไว้สำหรับทั้งสเตเตอร์และโรเตอร์ (แยกกันด้วยเครื่องหมาย /) เมื่อระดับชั้นทางความร้อนต่างกัน
- 9) ประเภทของฟักัดของมอเตอร์ ถ้าออกแบบสำหรับฟักัดอื่นที่ไม่ใช่ฟักัดต่อเนื่องหน้าที S1 ดูข้อ 5.2
- 10) ค่าด้านนอกที่กำหนดหรือพิสัยของค่าด้านนอกที่กำหนด
- 11) แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดหรือพิสัยของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด
- 12) ความถี่ที่กำหนดหรือพิสัยของความถี่ที่กำหนด
- 13) กระแสไฟฟ้าที่กำหนดหรือพิสัยของกระแสไฟฟ้าที่กำหนด
- 14) ความเร็วรอบที่กำหนดหรือพิสัยของความเร็วรอบที่กำหนด
- 15) ความเร็วรอบเกินที่ยอมรับได้ ถ้าไม่ใช่ที่ระบุไว้ในข้อ 9.7
หรือ
ความเร็วรอบทำงานปลอดภัยสูงสุด ถ้ามีค่าน้อยกว่าในข้อ 9.6
- 16) ไม่มีข้อความ
- 17) ตัวประกอบกำลังที่กำหนด
- 18) สำหรับมอเตอร์โรเตอร์แบบพันขดลวด แรงดันไฟฟ้าเปิดวงจรที่กำหนดระหว่างสลิปริง และกระแสไฟฟ้าสลิปริงที่กำหนด
- 19) ไม่มีข้อความ
- 20) อุณหภูมิอากาศโดยรอบสูงสุด ถ้าไม่ใช่ 40 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิสารหล่อเย็นที่เป็นน้ำสูงสุด ถ้าไม่ใช่ 25 องศาเซลเซียส
- 21) อุณหภูมิอากาศโดยรอบต่ำสุด ถ้าไม่ใช่ที่ระบุไว้ในข้อ 6.4
- 22) ระดับความสูงที่กำหนดสำหรับมอเตอร์ (ถ้าเกิน 1 000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล)
- 23) สำหรับมอเตอร์ระบายความร้อนด้วยไฮโดรเจน ความดันไฮโดรเจนที่ค่าด้านนอกที่กำหนด
- 24) ให้กำหนดมวลทั้งหมดโดยประมาณของมอเตอร์ ถ้าเกิน 30 กิโลกรัม
- 25) สำหรับมอเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการทำงานในทิศทางการหมุนเพียงทางเดียว ทิศทางการหมุน ระบุด้วยลูกศร ลูกศรนี้ไม่จำเป็นต้องอยู่บนแผ่นป้ายฟักัด แต่ต้องเห็นได้ง่าย

26) ช้อแนะนำการต่อตามมาตรฐาน IEC 60034-8 โดยแผนภาพหรือข้อความที่อยู่ใกล้กับขั้วต่อ ต้องระบุค่าที่กำหนดที่ต่างกันสองค่าโดย X/Y และต้องระบุพิสัยของค่าที่กำหนดโดย X-Y (ดู IEC 61293) ยกเว้นสำหรับการบำรุงรักษาตามปกติ เมื่อซ่อมมอเตอร์หรือชุดแต่งใหม่ ต้องจัดให้มีแผ่นป้ายเพิ่มเติมเพื่อระบุชื่อของบริษัทที่รับงาน ปีที่ซ่อมและการเปลี่ยนแปลงที่ทำ

11. คุณลักษณะที่ต้องการอื่น

11.1 การต่อลงดินป้องกันของมอเตอร์

มอเตอร์ต้องมีขั้วต่อลงดินหรืออุปกรณ์อื่นเพื่อให้มีการต่อของตัวนำป้องกันหรือตัวนำลงดิน

ต้องแสดงสัญลักษณ์  หรือคำอธิบายสัญลักษณ์บนมอเตอร์ แต่ไม่ต้องต่อมอเตอร์ลงดินหรือจัดให้มีขั้วต่อลงดินเมื่อ

- 1) มอเตอร์ประกอบด้วยฉนวนเพิ่มเติม หรือ
- 2) มอเตอร์มีเจตนาให้ประกอบในเครื่องสำเร็จที่มีฉนวนเพิ่มเติม หรือ
- 3) มอเตอร์มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 50 โวลต์ และเจตนาให้ใช้กับวงจรแรงดันไฟฟ้าไฟฟ้าต่ำพิเศษ ชั้นปลอดภัย (SELV)

หมายเหตุ นิยามของ SELV กำหนดไว้ใน IEC 60884-2-4

ในกรณีของมอเตอร์ที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดมากกว่า 50 โวลต์ แต่ไม่เกิน 1 000 โวลต์ ขั้วต่อสำหรับตัวนำลงดินต้องอยู่ในตำแหน่งใกล้เคียงกับขั้วต่อสำหรับตัวนำสายไฟ และอยู่ในกล่องขั้วต่อ (ถ้ามีกล่องขั้วต่อ) มอเตอร์ที่มีค่าต้านออกที่กำหนดเกิน 100 กิโลวัตต์ ต้องมีขั้วต่อลงดินเพิ่มเติมประกอบอยู่ที่โครง

มอเตอร์สำหรับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดมากกว่า 1 000 โวลต์ ต้องมีขั้วต่อลงดินอยู่ที่โครง ตัวอย่างเช่น เชื่อมขั้วต่อที่เป็นโลหะ และอุปกรณ์เพิ่มเติมที่อยู่ข้างในกล่องขั้วต่อสำหรับการต่อเปลือกสายนำไฟฟ้า (ถ้ามี)

ต้องออกแบบขั้วต่อลงดินเพื่อให้แน่ใจว่ามีการต่อที่ติดเข้ากับตัวนำลงดิน โดยไม่เกิดความเสียหายใดๆ แก่ตัวนำหรือขั้วต่อ ส่วนนำไฟฟ้าที่เข้าถึงได้ซึ่งไม่ใช่ส่วนของวงจรทำงานต้องมีการสัมผัสทางไฟฟ้าที่ดีต่อกัน และมีการสัมผัสทางไฟฟ้าที่ดีกับขั้วต่อลงดิน ถ้ารูกลิ้งทั้งหมดและขดลวดโรเตอร์ของมอเตอร์หุ้มฉนวน เพลตต้องต่อทางไฟฟ้าเข้ากับขั้วต่อลงดิน เว้นแต่ผู้ทำและผู้ซื้อตกลงใช้วิธีการป้องกันอื่น

เมื่อจัดให้มีขั้วต่อลงดินในกล่องขั้วต่อ ตัวนำลงดินต้องทำจากโลหะชนิดเดียวกันกับตัวนำที่มีไฟฟ้า

เมื่อจัดให้มีขั้วต่อลงดินอยู่ที่โครง ตัวนำลงดินอาจทำจากโลหะอื่น (ตัวอย่างเช่น เหล็ก) ตามข้อตกลง ในกรณีนี้ การออกแบบขั้วต่อต้องมีการพิจารณาที่เหมาะสมเกี่ยวกับความนำไฟฟ้าของตัวนำ

ต้องออกแบบขั้วต่อลงดินให้เหมาะสมกับตัวนำลงดินที่มีพื้นที่ภาคตัดขวางตามตารางที่ 19 ถ้าใช้ตัวนำลงดินใหญ่กว่าขนาดที่ให้นี้ในตาราง แนะนำให้ใช้ขนาดที่ใกล้เคียงที่สุดเท่าที่จะทำได้กับขนาดอื่นที่อยู่ในรายการ

พื้นที่ภาคตัดขวางอื่นของตัวนำที่มีไฟฟ้า ตัวนำลงดิน หรือตัวนำป้องกันต้องมีพื้นที่ภาคตัดขวางอย่างน้อยเท่ากับ

- พื้นที่ภาคตัดขวางของตัวนำที่มีไฟฟ้า สำหรับพื้นที่ภาคตัดขวางน้อยกว่า 25 ตารางมิลลิเมตร
 - 25 ตารางมิลลิเมตร สำหรับพื้นที่ภาคตัดขวางตั้งแต่ 25 ตารางมิลลิเมตร ถึง 50 ตารางมิลลิเมตร
 - ร้อยละ 50 ของพื้นที่ภาคตัดขวางของตัวนำที่มีไฟฟ้า สำหรับพื้นที่ภาคตัดขวางเกิน 50 ตารางมิลลิเมตร
- ต้องระบุชี้วัดต่อลงดินตาม IEC 60445

ตารางที่ 19 พื้นที่ภาคตัดขวางของตัวนำลงดิน
(ข้อ 11.1)

พื้นที่ภาคตัดขวางของ ตัวนำที่มีไฟฟ้า mm ²	พื้นที่ภาคตัดขวางของ ตัวนำลงดินหรือตัวนำป้องกัน mm ²
4	4
6	6
10	10
16	16
25	25
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

11.2 สลักที่ปลายเพลลา (shaft-end key)

เมื่อปลายเพลลาของมอเตอร์มีร่องใส่สลัก (keyway) หนึ่งร่องหรือมากกว่า ร่องสลักแต่ละร่องต้องจัดให้มีสลัก (full key) รูปร่างและความยาวปกติใส่ไว้ในร่องสลัก

12. เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

12.1 ทัวไป

เว้นแต่แจ้งไว้เป็นอย่างอื่น เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของค่าที่ระบุไว้ต้องเป็นดังที่กำหนดในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 รายการของเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับค่าปริมาณต่างๆ
(ข้อ 12.1)

รายการ	ปริมาณ	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน
1	ประสิทธิภาพ η - มอเตอร์ไม่เกิน 150 kW - มอเตอร์มากกว่า 150 kW	-15% ของ $(1 - \eta)$ -10% ของ $(1 - \eta)$
2	กำลังสูญเสียรวม (ใช้กับมอเตอร์ที่มีพิกัด > 150 kW)	+10% ของกำลังสูญเสียรวม
3	ตัวประกอบกำลัง $\cos \phi$	-1/6 $(1 - \cos \phi)$ ค่าสัมบูรณ์ต่ำสุด 0.02 ค่าสัมบูรณ์สูงสุด 0.07
4	ไม่มีข้อความ	
4ก)	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
4ข)	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
4ค)	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
5	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
6	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
7	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
8ก)	สลลิป (slip) ของมอเตอร์ (ที่โหลดเต็มพิกัดและที่ อุณหภูมิทำงาน) $P_N < 1 \text{ kW}$ $P_N \geq 1 \text{ kW}$	$\pm 30 \%$ ของสลลิป $\pm 20 \%$ ของสลลิป
8ข)	ไม่มีข้อความ	
9	กระแสไฟฟ้าล่อกรอเตอร์ของมอเตอร์แบบกรงกระรอก ที่มีเครื่องสำเร็จใช้เริ่มเดินเครื่องที่ระบุใดๆ	+20 % ของกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 20 รายการของเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับค่าปริมาณต่างๆ (ต่อ)

รายการ	ปริมาณ	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน
10	ทอร์กล็อกโรเตอร์ของมอเตอร์แบบกรงกระรอก	+25 % ของทอร์ก -15 % (อาจเกิน +25 % ได้ตามข้อตกลง)
11	ทอร์กจุดขึ้นของมอเตอร์แบบกรงกระรอก	-15 % ของทอร์ก
12	ทอร์กเบรกตาวนของมอเตอร์	-10 % ของทอร์ก ยกเว้นหลังจากใช้เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนนี้แล้วทอร์กต้องไม่น้อยกว่า 1.6 หรือ 1.5 เท่าของทอร์กที่กำหนด ดูข้อ 9.4.1
13	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
14	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
15	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
16	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
17	ไม่มีข้อความ	ไม่มีข้อความ
18	โมเมนต์ความเฉื่อย	±10 % ของโมเมนต์ความเฉื่อย
หมายเหตุ เมื่อเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนระบุเพียงทิศทางเดียว จะไม่จำกัดในทิศทางอื่น		

13. ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic compatibility : EMC)

13.1 ทั่วไป

คุณลักษณะที่ต้องการดังต่อไปนี้ใช้กับมอเตอร์ที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 1 000 โวลต์ และมีเจตนาให้ใช้ในงานอุตสาหกรรม

ส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ที่ติดตั้งภายในมอเตอร์และส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ที่จำเป็นสำหรับการทำงานของมอเตอร์ (ตัวอย่างเช่น อุปกรณ์กระตุ้นการหมุน) เป็นส่วนของมอเตอร์

คุณลักษณะที่ต้องการใช้กับระบบขับเคลื่อนสุดท้ายและส่วนประกอบของระบบขับเคลื่อน ตัวอย่างเช่น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ควบคุมและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง เครื่องจักรกลที่ต่อพ่วง อุปกรณ์เฝ้าตรวจ (monitoring device) ฯลฯ ไม่ว่าจะติดตั้งภายในหรือภายนอกมอเตอร์อยู่นอกขอบข่ายของมาตรฐานนี้

คุณลักษณะที่ต้องการใช้นี้ใช้กับมอเตอร์ที่จัดส่งมอบโดยตรงให้แก่ผู้ใช้

หมายเหตุ มอเตอร์ที่มีเจตนาให้รวมเข้าเป็นส่วนประกอบในเครื่องสำเร็จซึ่งเปลือกหุ้มและการประกอบมีผลกระทบกับสัญญาณปล่อย EMC ครอบคลุมโดยมาตรฐาน EMC ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องสำเร้จนั้น

ภาวะชั่วคราว (เช่น การเริ่มเดินเครื่อง) ไม่ครอบคลุมโดยข้อนี้

13.2 ความคุ้มกัน

13.2.1 มอเตอร์ที่ไม่มีวงจรอิเล็กทรอนิกส์

มอเตอร์ที่ไม่มีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำให้ไม่ไวต่อสัญญาณปล่อยทางแม่เหล็กไฟฟ้าในภาวะการใช้งานตามปกติดังนั้นจึงไม่ต้องทดสอบความคุ้มกัน

13.2.2 มอเตอร์ที่รวมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์

วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่รวมเข้ากับมอเตอร์โดยทั่วไปใช้ส่วนประกอบแบบพาสซีฟ (passive) (ตัวอย่างเช่น ไดโอด ตัวต้านทาน ตัวต้านทานจำกัดแรงดันไฟฟ้า (varistor) ตัวเก็บประจุ ตัวระงับเสิร์จ ตัวเหนี่ยวนำ) ไม่ต้องทดสอบความคุ้มกัน

13.3 สัญญาณปล่อย

13.3.1 มอเตอร์ที่ไม่มีแปรง

สัญญาณปล่อยที่แผ่ออกและที่นำตามสายต้องเป็นไปตามคุณลักษณะที่ต้องการของ มอก.2237 ประเภท B กลุ่ม 1 ดูตารางที่ ข.1

13.3.2 มอเตอร์ที่มีแปรง

สัญญาณปล่อยที่แผ่ออกและที่นำตามสาย (ถ้ามี) ต้องเป็นไปตามคุณลักษณะที่ต้องการของ มอก.2237 ประเภท A กลุ่ม 1 ดูตารางที่ ข.2

13.4 การทดสอบความคุ้มกัน

ไม่ต้องทดสอบความคุ้มกัน

13.5 การทดสอบสัญญาณปล่อย

ต้องทดสอบเฉพาะแบบตาม มอก.1441 มอก.2237 มอก.2238 CISPR 14 และ CISPR 16 ถ้าใช้ได้

13.5.1 มอเตอร์ที่ไม่มีแปรง

มอเตอร์ที่ไม่มีแปรงต้องเป็นไปตามขีดจำกัดสัญญาณปล่อยตามข้อ 13.3.1

หมายเหตุ สัญญาณปล่อยจากมอเตอร์แบบกรงกระรอกมีค่าต่ำมากเสมอจึงไม่ต้องทดสอบ

13.5.2 มอเตอร์ที่มีแปรง

มอเตอร์ที่มีแปรง เมื่อทดสอบขณะไม่มีโหลดต้องเป็นไปตามขีดจำกัดสัญญาณปล่อยตามข้อ 13.3.2

หมายเหตุ 1 การวัดขณะไม่มีโหลดจะเชื่อถือได้เมื่ออิทธิพลของโหลดต่อสัญญาณปล่อยมีน้อยมาก

หมายเหตุ 2 ไม่มีข้อความ

หมายเหตุ 3 สัญญาณปล่อยจากแปรงที่ต่อลงดินมีค่าต่ำมากเสมอจึงไม่ต้องทดสอบ

14. ความปลอดภัย

หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่นในมาตรฐานนี้ มอเตอร์ต้องเป็นไปตามคุณลักษณะที่ต้องการของ IEC 60204-1 หรือ IEC 60204-11 ในกรณีของมอเตอร์ที่รวมอยู่กับเครื่องใช้ไฟฟ้าสำหรับใช้ในที่อยู่อาศัยและเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นที่คล้ายกันให้เป็นไปตาม มอก.1375 ตามความเหมาะสม และต้องออกแบบและสร้างตามวิธีปฏิบัติการออกแบบที่ดีที่สุดซึ่งเป็นที่ยอมรับในระดับสากลเท่าที่จะทำได้ โดยให้เหมาะสมกับการใช้งาน

หมายเหตุ เป็นความรับผิดชอบของผู้ทำหรือผู้ประกอบอุปกรณ์ที่รวมเป็นส่วนประกอบเข้ากับมอเตอร์เพื่อให้แน่ใจว่าอุปกรณ์รวมทั้งหมดมีความปลอดภัย

อาจพิจารณา รวมถึงมาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง เช่น

IEC 60079: Electrical apparatus for explosive gas atmospheres

และเล่มอื่นๆ ของ IEC 60034 รวมทั้ง

IEC 60034-5 IEC 60034-6 IEC 60034-7 IEC 60034-8 IEC 60034-11 และ IEC 60034-12

นอกจากนั้น อาจจำเป็นต้องพิจารณาขีดจำกัดอุณหภูมิที่ผิวและลักษณะเฉพาะที่คล้ายกัน ตัวอย่างเช่น มอก.1375 ข้อ 11. การเกิดความร้อน

ภาคผนวก ก.

(ข้อแนะนำ)

คำแนะนำสำหรับการใช้งานของหน้าที่ชนิด S1 และคำแนะนำสำหรับการกำหนด

ค่าการคาดหมายอายุใช้งานทางความร้อนสัมพัทธ์ TL

(ข้อ 4.1 ข้อ 4.2.10 ข้อ 5.2.5)

- ก.1 โหลดของมอเตอร์ที่ขณะใด ๆ เทียบเท่ากับหน้าที่ชนิด S1 ซึ่งสมนัยกับข้อ 4.2.1 อย่างไรก็ตาม วัฏจักรโหลดอาจประกอบด้วยโหลดอื่นที่ไม่ใช่โหลดที่กำหนดโดยยึดถือตามหน้าที่ชนิด S1 วัฏจักรโหลดหนึ่งที่ประกอบด้วยโหลดและความเร็วรอบคงตัวไม่ต่อเนื่องที่ค่าได้แสดงในรูปที่ 10
- ก.2 การขึ้นอยู่กับค่าและระยะเวลาของโหลดที่ต่างกันในหนึ่งวัฏจักร การคาดหมายอายุใช้งานสัมพัทธ์ของมอเตอร์โดยยึดถือการเสื่อมสภาพทางความร้อนของระบบฉนวนสามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\frac{1}{TL} = \sum_{i=1}^n \Delta t_i \times 2^{\frac{\Delta \theta_i}{k}}$$

เมื่อ

TL คือ ค่าการคาดหมายอายุใช้งานทางความร้อนสัมพัทธ์ที่สัมพันธ์กับการคาดหมายอายุใช้งานทางความร้อนในกรณีของหน้าที่ชนิด S1 ที่ค่าด้านนอกที่กำหนด

$\Delta \theta_i$ คือ ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของขดลวดที่โหลดแต่ละค่าซึ่งต่างกันภายในหนึ่งวัฏจักรกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นซึ่งยึดถือตามหน้าที่ชนิด S1 ที่โหลดอ้างอิง

Δt_i คือ ค่าเวลาต่อหน่วยของโหลดคงตัวภายในวัฏจักรโหลด

k คือ ค่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เป็นเคลวิน ซึ่งทำให้ค่าการคาดหมายอายุใช้งานทางความร้อนของระบบฉนวนสั้นลงร้อยละ 50

n คือ จำนวนค่าที่ไม่ต่อเนื่องของโหลด

- ก.3 ปริมาณ TL คือส่วนประกอบของการระบุที่ชัดเจนของประเภทของฟักัด
- ก.4 ค่าของปริมาณ TL สามารถหาได้เฉพาะ (เพิ่มเติมข้อมูลเกี่ยวกับวัฏจักรโหลดตามรูปที่ 10) เมื่อทราบค่า k สำหรับระบบฉนวน ค่า k นี้ต้องหาจากการทดลองตาม IEC 60034-18 สำหรับฟลักซ์อุณหภูมิทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในวัฏจักรโหลดตามรูปที่ 10
- ก.5 TL สามารถแสดงมีความหมายเป็นค่าสัมพัทธ์เท่านั้น ค่านี้อาจใช้ได้โดยการประมาณเพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงจริงของการคาดหมายอายุใช้งานทางความร้อนของมอเตอร์ เมื่อเปรียบเทียบกับหน้าที่ชนิด S1 ที่ค่าด้านนอกที่กำหนด เนื่องจากอาจถือว่าการพิจารณาการแปรผันของโหลดที่เกิดขึ้นภายในวัฏจักรยังคงมีอิทธิพลที่มีอยู่ต่ออายุการใช้งานของมอเตอร์ (ตัวอย่างเช่น ความเค้นไดอิเล็กทริก อิทธิพลจากสิ่งแวดล้อม) โดยประมาณเหมือนกับในกรณีของหน้าที่ชนิด S1 ที่ค่าด้านนอกที่กำหนด
- ก.6 เป็นความรับผิดชอบของผู้ทำมอเตอร์ในการรวบรวมพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ถูกต้องสำหรับการหาค่าของ TL

ภาคผนวก ข.

(ข้อแนะนำ)

ขีดจำกัดความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า

ตารางที่ ข.1 ขีดจำกัดสัญญาณปล่อยทางแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ที่ไม่มีแปรง

	พิสัยความถี่	ขีดจำกัด
สัญญาณปล่อยที่แผ่ออก	30 MHz ถึง 230 MHz	30 dB(μ V/m) ค่ายอดเสมือน วัดที่ระยะห่าง 10 m (หมายเหตุ 1)
	230 MHz ถึง 1 000 MHz	37 dB(μ V/m) ค่ายอดเสมือน วัดที่ระยะห่าง 10 m (หมายเหตุ 1)
สัญญาณปล่อยที่นำตามสายของขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ	0.15 MHz ถึง 0.05 MHz	66 dB(μ V) ถึง 56 dB(μ V) ค่ายอดเสมือน 56 dB(μ V) ถึง 46 dB(μ V) ค่าเฉลี่ย
	0.50 MHz ถึง 5 MHz	56 dB(μ V) ค่ายอดเสมือน 46 dB(μ V) ค่าเฉลี่ย
	5 MHz ถึง 30 MHz	60 dB(μ V) ค่ายอดเสมือน 50 dB(μ V) ค่าเฉลี่ย
หมายเหตุ 1 อาจวัดที่ระยะห่าง 3 m โดยใช้ขีดจำกัดที่เพิ่มขึ้น 10 dB		
หมายเหตุ 2 ขีดจำกัดสัญญาณปล่อยมาจาก มอก.2237 ประเภท B กลุ่ม 1		

ตารางที่ ข.2 ขีดจำกัดสัญญาณปล่อยทางแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ที่มีแปรง

	พิสัยความถี่	ขีดจำกัด
สัญญาณปล่อยที่แผ่ออก	30 MHz ถึง 230 MHz	30 dB(μ V/m) ค่ายอดเสมือน วัดที่ระยะห่าง 30 m (หมายเหตุ 1)
	230 MHz ถึง 1 000 MHz	37 dB(μ V/m) ค่ายอดเสมือน วัดที่ระยะห่าง 30 m (หมายเหตุ 1)
สัญญาณปล่อยที่นำตามสายของขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ	0.15 MHz ถึง 0.50 MHz	79 dB(μ V) ค่ายอดเสมือน 66 dB(μ V) ค่าเฉลี่ย
	0.50 MHz ถึง 30 MHz	73 dB(μ V) ค่ายอดเสมือน 60 dB(μ V) ค่าเฉลี่ย
หมายเหตุ 1 อาจวัดที่ระยะห่าง 10 m โดยใช้ขีดจำกัดที่เพิ่มขึ้น 10 dB หรือวัดที่ระยะห่าง 3 m โดยใช้ขีดจำกัดที่เพิ่มขึ้น 20 dB		
หมายเหตุ 2 ขีดจำกัดสัญญาณปล่อยมาจาก มอก.2237 ประเภท A กลุ่ม 1		