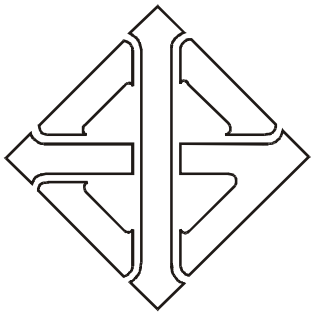

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 2427 – 2552

IEC 60228

Edition 3.0 2004 – 11

ตัวนำไฟฟ้าของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวน

CONDUCTORS OF INSULATED CABLES

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 29.060.20

ISBN 978-974-292-848-3

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ตัวนำไฟฟ้าของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวน

มอก. 2427 – 2552

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 126 ตอนพิเศษ 161 ง
วันที่ 3 พฤศจิกายน พุทธศักราช 2552

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 4
มาตรฐานสายไฟฟ้า

ประธานกรรมการ

รศ.สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรรมการ

ว่าที่ ร.ต. สรรค์ จิตรใคร่ครวญ	กรมวิทยาศาสตร์บริการ
นายสุธี ปิ่นไพสิฐ	กรมโยธาธิการและผังเมือง
นายสุทัศน์ ชอบชื่น	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
นายจักรพงษ์ พฤกษะศรี	
นายพงศ์ศักดิ์ ธรรมบวร	การไฟฟ้านครหลวง
นายบุญถิ่น เอมย่านยาว	
นายสมมารถ พลับสกุล	การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
นายสุวิทย์ หลิมสมบูรณ์	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
นายพงษ์ศักดิ์ พรหมธารี	การเคหะแห่งชาติ
นายอนันต์ ชัยสงค์	บริษัท สายไฟฟ้าบางกอกเคเบิ้ล จำกัด
นายวินัย อริยะสกุลทรัพย์	บริษัท สายไฟฟ้าไทย-ยาซากิ จำกัด
นายสมชาย จันทร	
นายวรเทพ บุญธรรมจิต	บริษัท เฟ้ลปส์ ดอด์จ ไทยแลนด์ จำกัด
นางนิภา สุนทรธนโสภณ	บริษัท จรุงไทยไวร์แอนด์เคเบิ้ล จำกัด (มหาชน)
นายธวัชชัย พฤกษ์สถาพร	บริษัท สยามคอนติเนนตัลเคเบิ้ล จำกัด
นายเชิดชัย ชัยมหาวงค์	บริษัท สายไฟฟ้าไทยถาวรอุตสาหกรรม จำกัด
นายดอนเมือง โสดา	บริษัท ยี อี แอนด์ ซี กรุ๊พ จำกัด
นายมโน สีตะสิทธิ์	สมาคมช่างเหมาไฟฟ้าและเครื่องกลไทย
นายลือชัย ทองนิล	สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

กรรมการและเลขานุการ

นายสถาพร รุ่งรัตนาอุบล	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ปัจจุบันมีการผลิตตัวนำไฟฟ้าที่เป็นทองแดง อะลูมิเนียม และอะลูมิเนียมเจือ เพื่อใช้ทำสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนที่มีใช้อยู่หลายชนิดด้วยกัน เพื่อเป็นการส่งเสริมและควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ให้ทัดเทียมกับมาตรฐานสากล จึงกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมตัวนำไฟฟ้าของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวน ขึ้น

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้นโดยรับ IEC 60228 Third edition(2004): Conductors of insulated cables มาใช้ในระดับเหมือนกันทุกประการ

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตามมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511

สารบัญ

	หน้า
1. ขอบข่าย	1
2. บทนิยาม	1
2.1 เคลือบผิวด้วยโลหะ	1
2.2 พื้นที่หน้าตัดระบุ	1
3. การจำแนกประเภท	1
4. วัสดุ	2
4.1 ทั่วไป	2
4.2 ตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมเส้นเดี่ยว	2
4.3 ตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมกลมตีเกลียวและรูปทรงอื่นตีเกลียว	2
5. ตัวนำไฟฟ้าเส้นเดี่ยวและตัวนำไฟฟ้าตีเกลียว	3
5.1 ตัวนำไฟฟ้าเส้นเดี่ยว(ประเภท 1)	3
5.2 ตัวนำไฟฟ้ากลมตีเกลียวไม่อัดแน่น (ประเภท 2)	3
5.3 ตัวนำไฟฟ้ากลมตีเกลียวอัดแน่นและตัวนำไฟฟ้ารูปทรงอื่นตีเกลียว (ประเภท 2)	4
6. ตัวนำไฟฟ้าอ่อนตัวได้(ประเภท 5 และ 6)	4
6.1 โครงสร้าง	4
6.2 ความต้านทานไฟฟ้า	4
7. การตรวจสอบความเป็นไป ตามข้อ 5 และข้อ 6	5
ภาคผนวก ก.	10
ภาคผนวก ข.	12
ภาคผนวก ค.	13

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ประเภท 1 ตัวนำไฟฟ้าเส้นเดี่ยวสำหรับสายไฟฟ้าแกนเดี่ยวและสายไฟฟ้าหลายแกน	6
ตารางที่ 2 ประเภท 2 ตัวนำไฟฟ้าตีเกลียวสำหรับสายไฟฟ้าแกนเดี่ยวและสายไฟฟ้าหลายแกน	7
ตารางที่ 3 ประเภท 5 ตัวนำไฟฟ้าทองแดงอ่อนตัวได้สำหรับสายไฟฟ้าแกนเดี่ยวและสายไฟฟ้าหลายแกน	8
ตารางที่ 4 ประเภท 6 ตัวนำไฟฟ้าทองแดงอ่อนตัวได้สำหรับสายไฟฟ้าแกนเดี่ยวและสายไฟฟ้าหลายแกน	9
ตารางที่ ก.1 ตัวประกอบการปรับแก้อุณหภูมิ k_t สำหรับความต้านทานไฟฟ้าของตัวนำไฟฟ้า	11
ตารางที่ ค.1 เส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดของตัวนำไฟฟ้าทองแดงกลม	14
ตารางที่ ค.2 เส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุดและสูงสุดของตัวนำไฟฟ้ากลมตีเกลียวอัดแน่น	15
ตารางที่ ค.3 เส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุดและสูงสุดของตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมกลมเส้นเดี่ยว	16

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 4052 (พ.ศ. 2552)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ตัวนำไฟฟ้าของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ตัวนำไฟฟ้าของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวน มาตรฐานเลขที่ มอก.2427-2552 ไว้ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2552

ชาญชัย ชัยรุ่งเรือง

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ตัวนำไฟฟ้าของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวน

1. ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมถึงตัวนำไฟฟ้าที่มีพื้นที่หน้าตัดระบุ ระหว่าง 0.5 ตารางมิลลิเมตร ถึง 2 500 ตารางมิลลิเมตร ที่ใช้ในสายไฟฟ้ากำลัง และสายอ่อนชนิดต่าง ๆ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ได้กำหนด จำนวนและขนาดของลวด และรวมถึงค่าความต้านทานไฟฟ้าด้วย ตัวนำไฟฟ้านี้ประกอบด้วย ตัวนำทองแดงเส้นเดี่ยวและทองแดงตีเกลียว และตัวนำอะลูมิเนียมและอะลูมิเนียมเจือ สำหรับสายไฟฟ้าที่ใช้ติดตั้งยึดกับที่ รวมถึงตัวนำทองแดงอ่อนตัวได้(flexible copper conductor)

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไม่ครอบคลุมถึงตัวนำไฟฟ้าสำหรับจุดประสงค์ด้านโทรคมนาคม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ใช้กับสายไฟฟ้าเฉพาะที่ได้ระบุในมาตรฐานของสายไฟฟ้าแต่ละชนิด

หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ใช้สำหรับตัวนำไฟฟ้าในสายไฟฟ้าสำเร็จรูป แต่ไม่ใช้กับตัวนำไฟฟ้าที่ผลิตหรือขายเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในสายไฟฟ้า

ภาคผนวกที่เป็นข้อมูลเพิ่มเติมครอบคลุมถึง ตัวประกอบการปรับแก้อุณหภูมิสำหรับการวัดความต้านทานไฟฟ้า (ภาคผนวก ข.) และขีดจำกัดทางมิติของตัวนำไฟฟ้ากลม (ภาคผนวก ค.)

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 **เคลือบผิวด้วยโลหะ** หมายถึง การเคลือบผิวเป็นชั้นบาง ๆ ด้วยโลหะที่เหมาะสม เช่นดีบุกหรือดีบุกเจือ

2.2 **พื้นที่หน้าตัดระบุ** หมายถึง ค่าที่ชี้บ่งขนาดเฉพาะของตัวนำไฟฟ้า แต่ไม่นำมาใช้สำหรับการวัดโดยตรง

หมายเหตุ ขนาดเฉพาะของแต่ละตัวนำไฟฟ้าตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดให้เป็นไปตามค่าความต้านทานไฟฟ้าสูงสุด

3. การจำแนกประเภท

ตัวนำไฟฟ้าได้จำแนกประเภทไว้ 4 ประเภท คือ ประเภท 1 ประเภท 2 ประเภท 5 และประเภท 6 ประเภท 1 และประเภท 2 มีไว้เพื่อใช้กับสายไฟฟ้าสำหรับการติดตั้งยึดกับที่ ประเภท 5 และ ประเภท 6 มีไว้เพื่อใช้กับสายไฟฟ้าอ่อนและสายอ่อน แต่อาจใช้สำหรับการติดตั้งยึดกับที่ได้ด้วย

- ประเภท 1 คือ ตัวนำไฟฟ้าเส้นเดี่ยว

- ประเภท 2 คือ ตัวนำไฟฟ้าตีเกลียว
- ประเภท 5 คือ ตัวนำไฟฟ้าอ่อนตัวได้
- ประเภท 6 คือ ตัวนำไฟฟ้าอ่อนตัวได้ที่อ่อนได้มากกว่าตัวนำประเภท 5

4. วัสดุ

4.1 ทั่วไป

ตัวนำไฟฟ้าต้องประกอบด้วยวัสดุอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้

- ทองแดงอบอ่อน ที่ไม่เคลือบหรือเคลือบผิวด้วยโลหะ
- อะลูมิเนียมหรืออะลูมิเนียมเจือ

4.2 ตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมเส้นเดี่ยว

ตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมกลมเส้นเดี่ยวและรูปทรงอื่นเส้นเดียว(shaped) ต้องทำจากอะลูมิเนียมที่มีความต้านแรงดึงของตัวนำไฟฟ้าสมบูรณ์ ตามเกณฑ์กำหนดดังต่อไปนี้

พื้นที่หน้าตัดระบุ mm^2	ความต้านแรงดึง N/mm^2
10 และ 16	110 ถึง 165
25 และ 35	60 ถึง 130
50	60 ถึง 110
70 และ มากกว่า	60 ถึง 90

หมายเหตุ ค่าที่ให้ไว้ในตารางข้างต้นไม่ใช้กับตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมเจือ

4.3 ตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมกลมตีเกลียวและรูปทรงอื่นตีเกลียว

ตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมตีเกลียวต้องทำจากอะลูมิเนียมที่มีความต้านแรงดึงของลวดแต่ละเส้น ตามเกณฑ์กำหนดดังต่อไปนี้

พื้นที่หน้าตัดระบุ mm^2	ความต้านแรงดึง N/mm^2
10	ไม่มากกว่า 200
16 และ มากกว่า	125 ถึง 205

หมายเหตุ 1 ค่าที่ให้ไว้ในตารางข้างต้นไม่ใช้กับตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมเจือ

หมายเหตุ 2 เกณฑ์กำหนดนี้ใช้กับลวดก่อนการตีเกลียวเท่านั้นและไม่ใช้กับลวดที่ตีเกลียวแล้ว

5. ตัวนำไฟฟ้าเส้นเดี่ยวและตัวนำไฟฟ้าตีเกลียว

5.1 ตัวนำไฟฟ้าเส้นเดี่ยว(ประเภท 1)

5.1.1 โครงสร้าง

ก) ตัวนำไฟฟ้าเส้นเดี่ยว(ประเภท 1)ต้องประกอบด้วยวัสดุอย่างใดอย่างหนึ่งที่ระบุไว้ในข้อ 4.

ข) ตัวนำไฟฟ้าทองแดงเส้นเดี่ยวต้องมีพื้นที่หน้าตัดกลม

หมายเหตุ ตัวนำไฟฟ้าทองแดงเส้นเดี่ยวที่มีพื้นที่หน้าตัดระบุไม่น้อยกว่า 25 ตารางมิลลิเมตรใช้สำหรับสายไฟฟ้าแบบเฉพาะ เช่น หุ้มด้วยใยแร่ (mineral insulated) และไม่ใช้สำหรับงานทั่วไป

ค) ตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมเส้นเดี่ยวและตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมเจือเส้นเดี่ยวที่มีพื้นที่หน้าตัด 10 ตารางมิลลิเมตร ถึง 35 ตารางมิลลิเมตร ต้องมีพื้นที่หน้าตัดกลม ตัวนำที่ขนาดใหญ่กว่านี้ถ้าเป็นสายไฟฟ้าแกนเดี่ยวต้องมีพื้นที่หน้าตัดกลม ส่วนสายไฟฟ้าหลายแกนอาจมีพื้นที่หน้าตัดกลมหรือมีพื้นที่หน้าตัดรูปทรงอื่น

5.1.2 ความต้านทานไฟฟ้า

ความต้านทานไฟฟ้าของแต่ละตัวนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ค่าที่หาได้ตามข้อ 7 ต้องไม่มากกว่าค่าสูงสุดที่ระบุไว้ในตารางที่ 1

หมายเหตุ กรณีตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมเจือเส้นเดี่ยวที่มีพื้นที่หน้าตัดระบุเท่ากับตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมเส้นเดี่ยว ค่าความต้านทานไฟฟ้าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 1 ต้องคูณด้วยตัวประกอบ 1.162 เว้นแต่จะมีการตกลงกันเป็นอย่างอื่นระหว่างผู้ทำกับผู้ซื้อ

5.2 ตัวนำไฟฟ้ากลมตีเกลียวไม่อัดแน่น (ประเภท 2)

5.2.1 โครงสร้าง

ก) ตัวนำไฟฟ้ากลมตีเกลียวไม่อัดแน่น (ประเภท 2) ต้องประกอบด้วยวัสดุอย่างใดอย่างหนึ่งที่ระบุไว้ในข้อ 4.

ข) ตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมตีเกลียวหรืออะลูมิเนียมเจือตีเกลียวต้องมีพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่า 10 ตารางมิลลิเมตร

ค) ลวดในแต่ละตัวนำไฟฟ้าตีเกลียวต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางระบุเดียวกัน

ง) จำนวนของลวดในแต่ละตัวนำไฟฟ้าตีเกลียวต้องไม่น้อยกว่าจำนวนต่ำสุดที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2

5.2.2 ความต้านทานไฟฟ้า

ความต้านทานไฟฟ้าของแต่ละตัวนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ค่าที่หาได้ตามข้อ 7. ต้องไม่มากกว่าค่าสูงสุดที่ระบุไว้ในตารางที่ 2

5.3 ตัวนำไฟฟ้ากลมตีเกลียวอัดแน่นและตัวนำไฟฟ้ารูปทรงอื่นตีเกลียว (ประเภท 2)

5.3.1 โครงสร้าง

ก) ตัวนำไฟฟ้ากลมตีเกลียวอัดแน่นและตัวนำไฟฟ้ารูปทรงอื่นตีเกลียว (ประเภท 2) ต้องประกอบด้วยวัสดุอย่างใดอย่างหนึ่งที่ระบุไว้ในข้อ 4. ตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมกลมตีเกลียวอัดแน่นหรือตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมเจือกลมตีเกลียวอัดแน่นต้องมีพื้นที่หน้าตัดระบุไม่น้อยกว่า 10 ตารางมิลลิเมตร ตัวนำไฟฟ้าทองแดงรูปทรงอื่นตีเกลียว ตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมรูปทรงอื่นตีเกลียว และตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมเจือรูปทรงอื่นตีเกลียว ต้องมีพื้นที่หน้าตัดระบุไม่น้อยกว่า 25 ตารางมิลลิเมตร

ข) อัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดสองเส้นที่แตกต่างกัน ในตัวนำไฟฟ้าเดียวกันต้องไม่มากกว่า 2

ค) จำนวนลวดในแต่ละตัวนำไฟฟ้าตีเกลียวต้องไม่น้อยกว่าจำนวนต่ำสุดที่ระบุไว้ในตารางที่ 2

หมายเหตุ ข้อกำหนดนี้ใช้กับตัวนำไฟฟ้าที่ประกอบด้วยลวดที่มีพื้นที่หน้าตัดกลมก่อนการอัดแน่น และไม่ใช้กับตัวนำไฟฟ้าที่ประกอบด้วยลวดที่ขึ้นรูปมาก่อน(pre-shape)

5.3.2 ความต้านทานไฟฟ้า

ความต้านทานไฟฟ้าของแต่ละตัวนำไฟฟ้าตีเกลียวที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ค่าที่หาได้ตามข้อ 7. ต้องไม่มากกว่าค่าสูงสุดที่ระบุไว้ในตารางที่ 2

6. ตัวนำไฟฟ้าอ่อนตัวได้(ประเภท 5 และ 6)

6.1 โครงสร้าง

ก) ตัวนำไฟฟ้าอ่อนตัวได้ (ประเภท 5 และ 6) ต้องทำด้วยทองแดงอบอ่อน ที่ไม่เคลือบหรือเคลือบผิวด้วยโลหะ

ข) ลวดในแต่ละตัวนำไฟฟ้าต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางระบุเดียวกัน

ค) เส้นผ่านศูนย์กลางของลวดในแต่ละตัวนำไฟฟ้าต้องไม่มากกว่าค่าสูงสุดที่ให้ไว้ในตารางที่ 3 หรือตารางที่ 4

6.2 ความต้านทานไฟฟ้า

ความต้านทานไฟฟ้าของแต่ละตัวนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ค่าที่หาได้ตามข้อ 7 ต้องไม่มากกว่าค่าสูงสุดที่ระบุไว้ในตารางที่ 3 หรือตารางที่ 4

7. การตรวจสอบความเป็นไป ตามข้อ 5 และข้อ 6

เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดของข้อ 5.1.1 ข้อ 5.2.1 ข้อ 5.3.1 และข้อ 6.1 ต้องตรวจสอบกับสายไฟฟ้าเสร็จสมบูรณ์ โดยการตรวจพินิจและการวัดที่สามารถวัดได้

เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับความต้านทานไฟฟ้าที่ได้ระบุในข้อ 5.1.2 ข้อ 5.2.2 ข้อ 5.3.2 และข้อ 6.2 ต้องตรวจสอบโดยการวัดตามภาคผนวก ก. และปรับแก้อุณหภูมิด้วยตัวประกอบใน ตารางที่ ก.1

ตารางที่ 1 ประเภท 1 ตัวนำไฟฟ้าเส้นเดี่ยวสำหรับสายไฟฟ้าแกนเดี่ยวและสายไฟฟ้าหลายแกน

1	2	3	4
พื้นที่หน้าตัดระบุ	ความต้านทานไฟฟ้าสูงสุดที่ 20° C		
	ตัวนำไฟฟ้าทองแดงอบอ่อนกลม		ตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมและอะลูมิเนียมเจือ กลม หรือรูปทรงอื่น ๆ [ค]
	ไม่เคลือบโลหะ	เคลือบโลหะ	
mm^2	Ω/km	Ω/km	Ω/km
0.5	36.0	36.7	-
0.75	24.5	24.8	-
1.0	18.1	18.2	-
1.5	12.1	12.2	-
2.5	7.41	7.56	-
4	4.61	4.70	-
6	3.08	3.11	-
10	1.83	1.84	3.08 [ก]
16	1.15	1.16	1.91 [ก]
25	0.727 [ข]	-	1.20 [ก]
35	0.524 [ข]	-	0.868 [ก]
50	0.387 [ข]	-	0.641
70	0.268 [ข]	-	0.443
95	0.193 [ข]	-	0.320 [ง]
120	0.153 [ข]	-	0.253 [ง]
150	0.124 [ข]	-	0.206 [ง]
185	0.101 [ข]	-	0.164 [ง]
240	0.0775 [ข]	-	0.125 [ง]
300	0.0620 [ข]	-	0.100 [ง]
400	0.0465 [ข]	-	0.0778
500	-	-	0.0605
630	-	-	0.0469
800	-	-	0.0367
1 000	-	-	0.0291
1 200	-	-	0.0247

[ก] ตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมขนาด 10 ตารางมิลลิเมตร ถึง 35 ตารางมิลลิเมตร ต้องเป็นหน้าตัดกลมเท่านั้น ดูข้อ 5.1.1 ค)

[ข] ดูหมายเหตุ ข้อ 5.1.1 ข)

[ค] ดูหมายเหตุ ข้อ 5.1.2

[ง] กรณีสายไฟฟ้าแกนเดี่ยว ตัวนำไฟฟ้าสามเหลี่ยมฐานโค้งสี่ส่วนอาจประกอบเป็นตัวนำไฟฟ้ากลมแกนเดี่ยว ค่าความต้านทานไฟฟ้าสูงสุดของตัวนำไฟฟ้าที่ประกอบแล้วต้องมีค่าเป็นร้อยละ 25 ของตัวนำไฟฟ้าที่เป็นส่วนประกอบของแต่ละตัว

ตารางที่ 2 ประเภท 2 ตัวนำไฟฟ้าตีเกลียวสำหรับสายไฟฟ้าแกนเดี่ยวและสายไฟฟ้าหลายแกน

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
พื้นที่หน้าตัดระบุ	จำนวนลวดต่ำสุดในตัวนำไฟฟ้า						ความต้านทานไฟฟ้าสูงสุดที่ 20° C		
	กลม		กลมอัดแน่น		รูปทรงอื่น		ตัวนำไฟฟ้าทองแดงอบอ่อน		ตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมและอะลูมิเนียมเจือ [ก]
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	ลวดไม่เคลือบโลหะ Ω/km	ลวดเคลือบโลหะ Ω/km	Ω/km
mm^2									
0.5	7	-	-	-	-	-	36.0	36.7	-
0.75	7	-	-	-	-	-	24.5	24.8	-
1.0	7	-	-	-	-	-	18.1	18.2	-
1.5	7	-	6	-	-	-	12.1	12.2	-
2.5	7	-	6	-	-	-	7.41	7.56	-
4	7	-	6	-	-	-	4.61	4.70	-
6	7	-	6	-	-	-	3.08	3.11	-
10	7	7	6	6	-	-	1.83	1.84	3.08
16	7	7	6	6	-	-	1.15	1.16	1.91
25	7	7	6	6	6	6	0.727	0.734	1.20
35	7	7	6	6	6	6	0.524	0.529	0.868
50	19	19	6	6	6	6	0.387	0.391	0.641
70	19	19	12	12	12	12	0.268	0.270	0.443
95	19	19	15	15	15	15	0.193	0.195	0.320
120	37	37	18	15	18	15	0.153	0.154	0.253
150	37	37	18	15	18	15	0.124	0.126	0.206
185	37	37	30	30	30	30	0.0991	0.100	0.164
240	37	37	34	30	34	30	0.0754	0.0762	0.125
300	61	61	34	30	34	30	0.0601	0.0607	0.100
400	61	61	53	53	53	53	0.0470	0.0475	0.0778
500	61	61	53	53	53	53	0.0366	0.0369	0.0605
630	91	91	53	53	53	53	0.0283	0.0286	0.0469
800	91	91	53	53	-	-	0.0221	0.0224	0.0367
1 000	91	91	53	53	-	-	0.0176	0.0177	0.0291
1 200	[ข]						0.0151	0.0151	0.0247
1 400 [ก]	[ข]						0.0129	0.0129	0.0212
1 600	[ข]						0.0113	0.0113	0.0186
1 800 [ก]	[ข]						0.0101	0.0101	0.0165
2 000	[ข]						0.0090	0.0090	0.0149
2 500	[ข]						0.0072	0.0072	0.0127

[ก] ขนาดเหล่านี้ไม่เป็นที่นิยม ขนาดอื่น ๆ ที่ไม่ระบุในตารางนี้ แม้เป็นที่ยอมรับสำหรับการใช้งานพิเศษบางประเภท ถือว่าไม่อยู่ในขอบข่ายของมาตรฐานนี้

[ข] จำนวนต่ำสุดของลวดสำหรับขนาดเหล่านี้ไม่กำหนด ขนาดเหล่านี้อาจสร้างขึ้นจาก 4, 5 หรือ 6 ส่วนที่เท่ากัน(Milliken).

[ก] สำหรับตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมเจือตีเกลียวที่มีพื้นที่หน้าตัดระบุเท่ากับตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียม ค่าความต้านทานไฟฟ้าควรเป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ทำกับผู้ซื้อ

ตารางที่ 3 ประเภท 5 ตัวนำไฟฟ้าทองแดงอ่อนตัวได้สำหรับสายไฟฟ้าแกนเดี่ยวและสายไฟฟ้าหลายแกน

1	2	3	4
พื้นที่หน้าตัดระบุ	เส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดของลวดในตัวนำไฟฟ้า	ความต้านทานไฟฟ้าสูงสุดที่ 20° C	
		ลวดไม่เคลือบโลหะ	ลวดเคลือบโลหะ
mm^2	mm	Ω/km	Ω/km
0.5	0.21	39.0	40.1
0.75	0.21	26.0	26.7
1.0	0.21	19.5	20.0
1.5	0.26	13.3	13.7
2.5	0.26	7.98	8.21
4	0.31	4.95	5.09
6	0.31	3.30	3.39
10	0.41	1.91	1.95
16	0.41	1.21	1.24
25	0.41	0.780	0.795
35	0.41	0.554	0.565
50	0.41	0.386	0.393
70	0.51	0.272	0.277
95	0.51	0.206	0.210
120	0.51	0.161	0.164
150	0.51	0.129	0.132
185	0.51	0.106	0.108
240	0.51	0.0801	0.0817
300	0.51	0.0641	0.0654
400	0.51	0.0486	0.0495
500	0.61	0.0384	0.0391
630	0.61	0.0287	0.0292

ตารางที่ 4 ประเภท 6 ตัวนำไฟฟ้าทองแดงอ่อนตัวได้สำหรับสายไฟฟ้าแกนเดี่ยวและสายไฟฟ้าหลายแกน

1	2	3	4
พื้นที่หน้าตัดระบุ	เส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดของลวดในตัวนำไฟฟ้า	ความต้านทานไฟฟ้าสูงสุดที่ 20° C	
		ลวดไม่เคลือบโลหะ	ลวดเคลือบโลหะ
mm^2	mm	Ω/km	Ω/km
0.5	0.16	39.0	40.1
0.75	0.16	26.0	26.7
1.0	0.16	19.5	20.0
1.5	0.16	13.3	13.7
2.5	0.16	7.98	8.21
4	0.16	4.95	5.09
6	0.21	3.30	3.39
10	0.21	1.91	1.95
16	0.21	1.21	1.24
25	0.21	0.780	0.795
35	0.21	0.554	0.565
50	0.31	0.386	0.393
70	0.31	0.272	0.277
95	0.31	0.206	0.210
120	0.31	0.161	0.164
150	0.31	0.129	0.132
185	0.41	0.106	0.108
240	0.41	0.0801	0.0817
300	0.41	0.0641	0.0654

ภาคผนวก ก.

(ข้อกำหนด)

การวัดความต้านทานไฟฟ้า

สายไฟฟ้าต้องเก็บไว้ในพื้นที่ทดสอบเป็นเวลาเพียงพอเพื่อเป็นที่แน่ใจว่าอุณหภูมิของตัวนำไฟฟ้าได้มาถึงระดับที่ได้กำหนดเพื่อใช้หาความต้านทานไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง โดยใช้ตัวประกอบการปรับแก้ที่เตรียมไว้

วัดค่าความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงของตัวนำไฟฟ้าของสายไฟฟ้าหรือสายอ่อน ที่ความยาวสมบูรณ์หรือตัวอย่างที่มีความยาวไม่น้อยกว่า 1 เมตร ให้ทำการวัดที่อุณหภูมิห้องและบันทึกอุณหภูมิขณะวัด ปรับแก้ความต้านทานที่วัดได้โดยใช้ตัวประกอบการปรับแก้ที่ให้ไว้ในตารางที่ ก.1

คำนวณค่าความต้านทานไฟฟ้าต่อกิโลเมตรของสายไฟฟ้าจากความยาวของสายไฟฟ้าเสร็จสมบูรณ์ ไม่ใช่จากความยาวของแกนหรือลวดแต่ละเส้น

ถ้าจำเป็นให้ปรับแก้ค่าอุณหภูมิไปที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และที่ความยาว 1 กิโลเมตร โดยคำนวณด้วยสูตรดังนี้

$$R_{20} = R_{\mathrm{t}} \times k_{\mathrm{t}} \times \frac{1\,000}{L}$$

โดยที่

k_{t} คือ ตัวประกอบการปรับแก้อุณหภูมิจากตารางที่ ก.1

R_{20} คือ ความต้านทานตัวนำไฟฟ้าที่ 20 องศาเซลเซียส มีหน่วยเป็นโอห์มต่อกิโลเมตร

R_{t} คือ ความต้านทานตัวนำไฟฟ้าที่ได้จากการวัด มีหน่วยเป็นโอห์ม

L คือ ความยาวสายไฟฟ้า มีหน่วยเป็นเมตร

ตารางที่ ก.1 ตัวประกอบการปรับแก้อุณหภูมิ k_t สำหรับความต้านทานไฟฟ้าของตัวนำไฟฟ้า ที่ปรับแก้ค่าความต้านทานที่ได้จากการวัดที่อุณหภูมิ t องศาเซลเซียส ไปที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

1	2	1	2
อุณหภูมิของตัวนำไฟฟ้าขณะที่ทำการวัด t °C	ตัวประกอบการปรับแก้ k_t สำหรับตัวนำไฟฟ้าทุกชนิด	อุณหภูมิของตัวนำไฟฟ้าขณะที่ทำการวัด t °C	ตัวประกอบการปรับแก้ k_t สำหรับตัวนำไฟฟ้าทุกชนิด
0	1.087	21	0.996
1	1.082	22	0.992
2	1.078	23	0.988
3	1.073	24	0.984
4	1.068	25	0.980
5	1.064	26	0.977
6	1.059	27	0.973
7	1.055	28	0.969
8	1.050	29	0.965
9	1.046	30	0.962
10	1.042	31	0.958
11	1.037	32	0.954
12	1.033	33	0.951
13	1.029	34	0.947
14	1.025	35	0.943
15	1.020	36	0.940
16	1.016	37	0.936
17	1.012	38	0.933
18	1.008	39	0.929
19	1.004	40	0.926
20	1.000		

หมายเหตุ ค่าของตัวประกอบการปรับแก้ k_t มีพื้นฐานมาจากค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานไฟฟ้า-อุณหภูมิ 0.004 ต่อ K ที่อุณหภูมิ 20^{o} C

ค่าของตัวประกอบการปรับแก้อุณหภูมิที่กำหนดไว้ในสดมภ์ที่ 2 เป็นค่าโดยประมาณแต่ก็ให้ค่าที่มีความแม่นที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิของตัวนำและความยาวของสายไฟฟ้าหรือสายอ่อนได้บรรลุผลโดยปกติในทางปฏิบัติ

กรณีที่ต้องการค่าตัวประกอบการปรับแก้ที่มีความแม่นมากกว่าสำหรับทองแดงและอะลูมิเนียม ควรอ้างอิงจากภาคผนวก ข. อย่างไรก็ดีไม่ควรนำมาใช้เป็นข้อกำหนดสำหรับประเมินผลการทดสอบความต้านทานไฟฟ้าตามมาตรฐานนี้

ภาคผนวก ข.

(ข้อแนะนำ)

สูตรที่แม่นตรงสำหรับตัวประกอบการปรับแก้อุณหภูมิ

ก) ตัวนำไฟฟ้าทองแดงอบอ่อน: ไม่เคลือบโลหะหรือเคลือบโลหะ

$$k_{t,Cu} = \frac{254.5}{234.5 + t} = \frac{1}{1 + 0.00393(t - 20)}$$

ข) ตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียม

$$k_{t,Al} = \frac{248}{228 + t} = \frac{1}{1 + 0.00403(t - 20)}$$

หมายเหตุ กรณีอะลูมิเนียมเจือ ควรอ้างอิงไปยังผู้ทำ

ในกรณีทั้งหมดข้างต้น t คืออุณหภูมิของตัวนำไฟฟ้าขณะทำการวัดมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

ภาคผนวก ค.

(ข้อแนะนำ)

แนวทางพิจารณาขีดจำกัดทางมิติสำหรับตัวนำไฟฟ้ากลม

ค.1 วัตถุประสงค์

ภาคผนวกนี้เจตนาให้เป็นแนวทางพิจารณาของผู้ทำสายไฟฟ้าและตัวต่อสายไฟฟ้าเพื่อให้มั่นใจว่าตัวนำไฟฟ้าและตัวต่อสายไฟฟ้าเข้ากันได้ทางมิติ แนวทางพิจารณาข้อจำกัดทางมิติให้ไว้สำหรับชนิดของตัวนำไฟฟ้าที่อยู่ในมาตรฐานนี้ มีดังนี้

ก) ตัวนำไฟฟ้ากลมเส้นเดี่ยว (ประเภท 1) ที่เป็น ทองแดง อะลูมิเนียม และอะลูมิเนียมเจือ

ข) ตัวนำไฟฟ้ากลมตีเกลียวและกลมตีเกลียวอัดแน่น(ประเภท 2) ที่เป็นทองแดง อะลูมิเนียม และอะลูมิเนียมเจือ

ค) ตัวนำไฟฟ้าอ่อนตัวได้ (ประเภท 5 และ 6) ที่เป็นทองแดง

ค.2 ขีดจำกัดทางมิติสำหรับตัวนำไฟฟ้าทองแดงกลม

เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำไฟฟ้าทองแดงกลมไม่ควรมากกว่าค่าที่ระบุในตารางที่ ค.1

ถ้าต้องการขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุดสำหรับตัวนำไฟฟ้าทองแดงกลม ประเภท 1 สามารถอ้างอิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุดสำหรับตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมกลมเส้นเดี่ยวหรือตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมเจือกลมเส้นเดี่ยวที่แสดงไว้ในตารางที่ ค.3

ค.3 ขีดจำกัดทางมิติสำหรับตัวนำไฟฟ้ากลมตีเกลียวอัดแน่นที่เป็นทองแดง อะลูมิเนียมและอะลูมิเนียมเจือ

เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำไฟฟ้ากลมตีเกลียวอัดแน่นที่เป็นทองแดง อะลูมิเนียมและอะลูมิเนียมเจือ ไม่ควรมากกว่าค่าสูงสุดและไม่ควรน้อยกว่าค่าต่ำสุดที่ระบุในตารางที่ ค.2

ข้อยกเว้นในกรณีของตัวนำไฟฟ้ากลมตีเกลียวไม่อัดแน่นที่เป็นอะลูมิเนียมหรืออะลูมิเนียมเจือ เส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดไม่ควรมากกว่าค่าที่สมนัยกับตัวนำไฟฟ้าทองแดงที่ระบุในตารางที่ ค.1 สดมภ์ที่ 3

ค.4 ขีดจำกัดทางมิติสำหรับตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมกลมเส้นเดี่ยว

เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำไฟฟ้ากลมเส้นเดี่ยวที่เป็นอะลูมิเนียมและอะลูมิเนียมเจือไม่ควรมากกว่าค่าสูงสุดและไม่ควรน้อยกว่าค่าต่ำสุดที่ระบุในตารางที่ ค.3

ตารางที่ ค.1 เส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดของตัวนำไฟฟ้าทองแดงกลม
ที่เป็นเส้นเดี่ยว ตีเกลียวไม่อัดแน่น และอ่อนตัวได้

1	2	3	4
พื้นที่หน้าตัด	ตัวนำไฟฟ้าในสายไฟฟ้าสำหรับการติดตั้งยึดกับที่		ตัวนำไฟฟ้าอ่อน (ประเภท 5 และ 6)
	เส้นเดี่ยว (ประเภท 1)	ตีเกลียว (ประเภท 2)	
mm^2	mm	mm	mm
0.5	0.9	1.1	1.1
0.75	1.0	1.2	1.3
1.0	1.2	1.4	1.5
1.5	1.5	1.7	1.8
2.5	1.9	2.2	2.4
4	2.4	2.7	3.0
6	2.9	3.3	3.9
10	3.7	4.2	5.1
16	4.6	5.3	6.3
25 [ก]	5.7	6.6	7.8
35 [ก]	6.7	7.9	9.2
50 [ก]	7.8	9.1	11.0
70 [ก]	9.4	11.0	13.1
95 [ก]	11.0	12.9	15.1
120 [ก]	12.4	14.5	17.0
150 [ก]	13.8	16.2	19.0
185	15.4	18.0	21.0
240	17.6	20.6	24.0
300	19.8	23.1	27.0
400	22.2	26.1	31.0
500	-	29.2	35.0
630	-	33.2	39.0
800	-	37.6	-
1 000	-	42.2	-

หมายเหตุ เป็นค่าที่ระบุไว้สำหรับตัวนำไฟฟ้าอ่อนเจตนาให้ใช้กับตัวนำประเภท 5 และ ประเภท 6

[ก] ดูข้อ 5.1.1 ข)

ตารางที่ ค.2 เส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุดและสูงสุดของตัวนำไฟฟ้ากลมตีเกลียวอัดแน่น ที่เป็นทองแดง อะลูมิเนียม และอะลูมิเนียมเจือ

1	2	3
พื้นที่หน้าตัด	ตัวนำไฟฟ้ากลมตีเกลียวอัดแน่น (ประเภท 2)	
	เส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุด	เส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุด
mm^2	mm	mm
10	3.6	4.0
16	4.6	5.2
25	5.6	6.5
35	6.6	7.5
50	7.7	8.6
70	9.3	10.2
95	11.0	12.0
120	12.3	13.5
150	13.7	15.0
185	15.3	16.8
240	17.6	19.2
300	19.7	21.6
400	22.3	24.6
500	25.3	27.6
630	28.7	32.5

หมายเหตุ 1 ขีดจำกัดทางมิติสำหรับตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมที่มีพื้นที่หน้าตัดมากกว่า 630 mm^2 ไม่ได้ให้ไว้เนื่องจากเทคโนโลยีการอัดแน่นโดยทั่วไปยังไม่กำหนด

หมายเหตุ 2 ไม่กำหนดค่าสำหรับตัวนำไฟฟ้าทองแดงอัดแน่นที่มีพื้นที่หน้าตัดระหว่าง 1.5 ตารางมิลลิเมตร ถึง 6 ตารางมิลลิเมตร ไว้

ตารางที่ ค.3 เส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุดและสูงสุดของตัวนำไฟฟ้าอะลูมิเนียมกลมเส้นเดี่ยว

1	2	3
พื้นที่หน้าตัด	ตัวนำไฟฟ้าเส้นเดี่ยว (ประเภท 1)	
	เส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุด	เส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุด
mm^2	mm	mm
10	3.4	3.7
16	4.1	4.6
25	5.2	5.7
35	6.1	6.7
50	7.2	7.8
70	8.7	9.4
95	10.3	11.0
120	11.6	12.4
150	12.9	13.8
185	14.5	15.4
240	16.7	17.6
300	18.8	19.8
400	21.2	22.2
500	24.0	25.1
630	27.3	28.4
800	30.9	32.1
1 000	34.8	36.0
1 200	37.8	39.0