

# มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

## เคเบิลเส้นใยนำแสง

### เล่ม 4(20): เคเบิลชนิดแขวนตามแนวสายไฟฟ้า - ข้อกำหนดคุณลักษณะเป็นรายกลุ่มสำหรับเคเบิล ADSS (All Dielectric Self Supported)

#### 1. ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้เป็นข้อกำหนดคุณลักษณะเป็นรายกลุ่ม ครอบคลุมเคเบิลเส้นใยนำแสงโทรคมนาคม โดยทั่วไปใช้เส้นใยนำแสงชนิดโหมดเดี่ยว<sup>1</sup> ใช้งานตามแนวสายไฟฟ้าเหนือดิน เคเบิลอาจใช้ในโครงข่ายบริการ สายไฟฟ้าเหนือดินอื่น ๆ เช่น ระบบโทรศัพท์หรือโทรทัศน์ มาตรฐานนี้ครอบคลุมข้อกำหนดของคุณลักษณะสำหรับ เคเบิลที่ใช้ในการแขวนในอากาศตามแนวสายไฟฟ้า

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ได้ระบุครอบคลุมถึงโครงสร้าง สมรรถนะทางแสง ทางไฟฟ้า และทางกล ข้อเสนอแนะ เกี่ยวกับการติดตั้ง หลักเกณฑ์การยอมรับ ข้อกำหนดการทดสอบ สภาพแวดล้อมที่ใช้เป็นเกณฑ์การพิจารณา อุปกรณ์ ที่เข้ากันได้กับเคเบิลเส้นใยนำแสงที่รับน้ำหนักตัวเองได้ (ADSS) ข้อเสนอแนะในมาตรฐานนี้จะระบุข้อกำหนดทั้งทาง โครงสร้างและทางสมรรถนะ เพื่อให้แน่ใจว่าความสามารถทางกลของส่วนประกอบเคเบิล รวมถึงความเชื่อถือได้ทาง กลของเส้นใยนำแสงและพารามิเตอร์การรับส่งสัญญาณยังคงมีอยู่

เคเบิล ADSS ประกอบไปด้วยเส้นใยนำแสงชนิดโหมดเดี่ยวที่บรรจุในวัสดุป้องกันที่ไม่นำไฟฟ้าหรือล้อมรอบด้วยวัสดุ รับแรงดึงที่ไม่เป็นสื่อไฟฟ้าและเปลือกเคเบิล เคเบิลจะต้องไม่มีส่วนประกอบของโลหะ และต้องได้รับการออกแบบ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดทั้งทางแสงและทางกล ภายใต้เงื่อนไขและแรงกระทำของการติดตั้ง การใช้งาน และ สภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่ระบุในภาคผนวก ข.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไม่รวมถึงเคเบิลชนิด OPAC ที่มีการติดตั้งโดยการพัน (wrapped) และการผูก (lashed) ตาม IEC 60794-4 และเคเบิลแขวนอากาศรูปเลข 8 (figure 8) ไม่รวมอยู่ในมาตรฐานนี้ โดยระบุไว้ใน มอก. 2166 หรือ IEC 60794-3-20

<sup>1</sup> ในเฉพาะบางสถานการณ์ สำหรับอุตสาหกรรมไฟฟ้า การเชื่อมต่อสายไฟฟ้าเหนือดินที่มีระยะใกล้สามารถออกแบบเป็นเส้นใยนำแสง ชนิดหลายโหมดได้

## 2. เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิงที่ระบุนี้ ประกอบด้วยเอกสารที่จำเป็นสำหรับการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ สำหรับเอกสารอ้างอิงฉบับที่ระบุปีที่พิมพ์ ให้ใช้ฉบับที่ระบุ ส่วนเอกสารอ้างอิง (รวมถึงฉบับที่แก้ไขเพิ่มเติม) ที่ไม่ได้ ระบุปีที่พิมพ์ให้ใช้ฉบับล่าสุด

IEC 60793-2 Optical fibres – Part 2: Product specifications – General

IEC 60794-1-1 Optical fibre cables – Part 1: Generic specification - General

IEC 60793-2-50 Optical Fibres – Part 2-50: Product specifications – Sectional specifications for class B single-mode fibres

IEC 60794-1-21: 2015 Optical fibre cables – Part 1-21: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Mechanical test methods

IEC 60794-1-22 Optical fibre cables – Part 1-22: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Environmental test methods

IEC 60794-4 Optical fibre cables – Part 4: Sectional Specification – Aerial optical cables along electrical power lines

ISO 9001 Quality management systems - Requirements

มอก. 2050 เคเบิลใยนำแสง เล่ม 1-1 ข้อกำหนดคุณลักษณะทั่วไป

## 3. คำศัพท์ คำนิยาม และตัวย่อต่าง ๆ ของเคเบิล

บทนิยามกำหนดไว้ใน มอก. 2050 หรือ IEC 60794-1-1 และ IEC 60794-4

ฐานข้อมูลคำศัพท์และบทนิยามต่าง ๆ ของ ISO และ IEC ที่ใช้ในการกำหนดมาตรฐานสามารถสืบค้นได้ตามที่อยู่ดังนี้

IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>

ISO online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

## 4. เส้นใยนำแสง

เส้นใยนำแสงชนิดโหมดเดี่ยวต้องเป็นไปตาม IEC 60793-2-50 เส้นใยนำแสงชนิดอื่นให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่าง ผู้ซื้อกับผู้ขาย เช่น เส้นใยนำแสงต้องเป็นไปตาม IEC 60793-2 โดยเคเบิลเส้นใยนำแสงต้องเป็นไปตาม IEC 60794-4

## 5. ส่วนประกอบของเคเบิล

อ้างอิงถึงส่วนที่เกี่ยวข้องใน IEC 60794-4

## 6. โครงสร้างของเคเบิลเส้นใยนำแสง

### 6.1 ททั่วไป

โครงสร้างและลักษณะเฉพาะของส่วนประกอบเคเบิลต้องเป็นไปตาม IEC 60794-4 โดยเคเบิลต้องไม่มีส่วนประกอบของโลหะ

### 6.2 ส่วนประกอบที่ป้องกันเคเบิล

ในส่วนเพิ่มเติมจากส่วนประกอบของเคเบิลที่มีเส้นใยนำแสงนั้น โครงสร้างของเคเบิลอาจประกอบด้วย

- ก) เปลือกนอกของเคเบิลซึ่งต้องทำจากวัสดุที่ทนทานต่อสภาพอากาศ ในบางกรณีเปลือกของเคเบิลต้องเป็นชนิดที่ต้านทานการกัดกร่อนจากสภาพแวดล้อมทางไฟฟ้าและทางกล (tracking resistance sheath)
- ข) เคเบิลชนิด ADSS ต้องมีส่วนประกอบของระบบรับแรงดึงรวมอยู่ในตัวเคเบิลด้วย ระบบรับแรงดึงนี้ใช้เพื่อให้มั่นใจว่าเคเบิลเป็นไปตามคุณลักษณะที่ต้องการทางแสงภายใต้สภาวะการติดตั้ง อุณหภูมิ และแรงกระทำที่เกิดขึ้นในสภาวะแวดล้อมนั้น ๆ ตลอดช่วงการใช้งาน
  - ค) โครงสร้างวงแหวนพื้นฐานอาจมีกลุ่มเส้นด้ายรับแรงดึง (เช่น aramid yarn) หรือวัสดุอื่น ๆ ที่ไม่นำไฟฟ้าที่เกลียว หรือแท่งฉนวนที่มีร่องเป็นโครงสร้างเสริมรับแรงดึง ในกรณีแกนกลางไม่นำไฟฟ้าแท่งเดี่ยวที่มีร่องบรรจุเส้นใยนำแสง ให้ถือว่าใช้ได้
- ง) ผู้ทำเคเบิลต้องออกแบบไม่ให้ความเครียดเส้นใยเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ภายใต้ขีดจำกัดการออกแบบค่าแรงดึงสูงสุดที่ยอมรับได้ของเคเบิล (MAT) ค่าความเครียดเส้นใยสูงสุดที่ยอมรับได้ภายใต้สภาวะ MAT ต้องมีค่า  $\leq 0.2\%$  ที่ 0.69 GPa ของเส้นใยนำแสงที่ผ่านการรับรองค่าความเครียด

**หมายเหตุ** ในบางประเทศ ข้อกำหนดพิเศษด้านความต้านทานกระสุนปืนจะกำหนดไว้สำหรับเคเบิลแขวนอากาศ แต่เคเบิลชนิด ADSS ในมาตรฐานนี้ไม่มีการออกแบบส่วนนี้ไว้ เคเบิลที่มีสิ่งทอเสริมความแข็งแรงต้องมีความเป็นฉนวนไฟฟ้า แต่เนื่องจากเคเบิลประเภทนี้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหรือน้ำหนักมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องกล่าวถึงสมรรถนะการรับแรงดึงของเคเบิลที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญไว้ด้วย

## 7. ข้อกำหนดหลักของเงื่อนไขการติดตั้งและการใช้งาน

เงื่อนไขการใช้งานของเคเบิล ADSS เป็นส่วนที่มีความสำคัญมาก

เงื่อนไขการติดตั้งและการใช้งานต้องเป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ใช้กับผู้ทำ สำหรับรายละเอียดเงื่อนไขรวมทั้งข้อมูลเชิงเทคนิคที่สำคัญให้จัดเตรียมโดยผู้ทำหรือหน่วยงานที่ 3 ที่มีความเชี่ยวชาญก่อนที่จะทำข้อตกลงกัน ภาคผนวก ข. แสดงข้อพิจารณาในการติดตั้งเคเบิล ADSS

รูปแบบในการจับยึดและอุปกรณ์ที่ใช้ในการจับยึดเคเบิล ADSS กับเสาไฟฟ้าต้องเป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย ซึ่งต้องผ่านการตรวจสอบความเข้ากันได้ตามข้อ 9.15 และตามข้อกำหนดคุณลักษณะของอุปกรณ์จับยึด

### 8. การพิจารณาการออกแบบเคเบิล

ตารางที่ 1 เป็นการสรุปลักษณะเฉพาะของเคเบิลซึ่งอาจมีความสำคัญตามข้อกำหนดทั้งในส่วนของผู้ซื้อและผู้ขาย ตารางที่ 2 แสดงค่าพารามิเตอร์ทางวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมสำหรับการออกแบบและการติดตั้งสายไฟฟ้าเหนือดินกับเคเบิลชนิด ADSS ลักษณะเฉพาะอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย รายละเอียดข้อกำหนดคุณลักษณะที่สมบูรณ์ แสดงไว้ในภาคผนวก ง.

ตารางที่ 1 ลักษณะเฉพาะที่ใช้ออกแบบเคเบิล

อ้างอิง	ลักษณะเฉพาะ	หน่วย
4	จำนวนและชนิดของเส้นใยนำแสง	NA
-	จำนวนของเส้นเคเบิล (จำนวนเส้นใยในท่อ)	NA
6	รายละเอียดของโครงสร้างเคเบิล	NA
-	เส้นผ่านศูนย์กลางกลางเคเบิลสำเร็จรูป	mm
-	น้ำหนักเคเบิล	kg/km
9.2	MAT แรงดึงสูงสุดที่ยอมรับได้	kN
9-10	อุณหภูมิที่ยอมรับสำหรับการจัดเก็บ การติดตั้ง และการใช้งาน	°C
9.3	เส้นผ่านศูนย์กลางความโค้งต่ำสุดระหว่างการติดตั้ง	mm
9.4	เส้นผ่านศูนย์กลางความโค้งต่ำสุดหลังการติดตั้ง	mm

## ตารางที่ 2 พารามิเตอร์เสริม (ถ้าเป็นความต้องการของลูกค้า)

อ้างอิง	ลักษณะเฉพาะ	หน่วย
9.13	MIT แรงดึงสูงสุดขณะติดตั้ง (หรือแรงดึงที่เกิดจากการตักห้องข้างของเคเบิล)	kN
-	โมดูลัสความยืดหยุ่น	MPa
-	สัมประสิทธิ์การขยายตัวจากความร้อน	$10^{-6} / ^\circ\text{C}$
9.2	ความเครียดของเส้นใยนำแสงที่แรงดึง MAT	%
ภาคผนวก ข.	ขอบเขตของความเครียดที่เป็นศูนย์	kN
	เงื่อนไขการรับแรงตามสภาพแวดล้อม – อ้างอิงตามการติดตั้งในแต่ละพื้นที่	NA
	ช่วงห่างของการติดตั้งและระยะการตักห้องข้างที่แนะนำภายใต้ค่า MAT	m/%
ค.3	ค่าความต่างศักย์สนามไฟฟ้าสูงสุดในบริเวณที่ติดตั้งเคเบิล ADSS (โดยทั่วไปทดสอบที่มลภาวะขั้นต่ำ เว้นแต่จะมีการกำหนดโดยผู้ซื้อ)	kV

## 9. การทดสอบเคเบิล

## 9.1 ทัวไป

การทดสอบทางกล เกณฑ์ทางแสงโดยทั่วไปต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าการลดทอนสัญญาณ ตามที่ให้รายละเอียดไว้ใน มอก. 2050 หรือ IEC 60794-1-1 และ IEC 60794-4

การทดสอบในบางสภาวะแวดล้อมและการติดตั้ง ค่าที่ยอมรับได้อาจมีค่าเพิ่มขึ้นกว่านี้ได้ การทดสอบเหล่านี้ ได้แก่ การทดสอบการต้านทานการรั้งของลูกรอก (sheave test) การทดสอบการสั่นสะเทือนจากแรงลมปะทะ (aeolian vibration test) และการทดสอบการสั่นสะเทือนที่ความถี่ต่ำ (galloping test)

จำนวนของเส้นใยนำแสงที่ใช้ในการทดสอบต้องเป็นตัวแทนของเคเบิลที่ออกแบบตามที่ระบุไว้ใน มอก. 2050 หรือ IEC 60794-1-1 การสุ่มตัวอย่างอาจแตกต่างกันได้ขึ้นอยู่กับข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย

รายละเอียดการทดสอบเคเบิลแขวนอากาศระบุไว้ด้านล่าง สำหรับเคเบิลเส้นใยนำแสงที่ออกแบบแตกต่างออกไป เกณฑ์ขั้นต่ำที่ยอมรับได้ต้องระบุไว้ในข้อกำหนดคุณลักษณะผลิตภัณฑ์

## 9.2 สมรรถนะแรงดึง (tensile performance)

## 9.2.1 ทัวไป

เคเบิลต้องได้รับการทดสอบตาม IEC 60794-1-21 วิธี E1 ภายใต้การทดสอบนี้ เคเบิลต้องเป็นไปตามค่า MAT ที่ระบุไว้

9.2.2 คุณลักษณะที่ต้องการเป็นรายกลุ่ม

ที่ค่า MAT ต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าการลดทอนสัญญาณ ที่ความยาวคลื่น 1 550 nm และค่าความเครียดในเส้นใยนำแสงต้องมีค่า  $\leq 0.2\%$  ที่ 0.69 GPa ของเส้นใยนำแสงที่ผ่านการรับรองค่าความเครียด ค่าอื่นให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย

หมายเหตุ ค่าขีดจำกัดความเครียดของเส้นใยนำแสงที่มีค่าการทดสอบรับรองอื่นอยู่ระหว่างการศึกษา

9.2.3 เงื่อนไขการทดสอบ

- จัดตัวอย่างทดสอบให้อยู่ในแนวตรงตามรูปที่ 1 ของ IEC 60794-1-21: 2015 (ไม่มีการใช้ล้อหรือลูกรอก)
- เคเบิลต้องยึดปลายด้วยอุปกรณ์จับยึดที่เหมาะสม
- ตัวอย่างต้องมีความยาวไม่น้อยกว่า 25 m
- คงค่า MAT ไว้เป็นเวลา 1 h
- ทำการเชื่อมต่อปลายของเส้นใยนำแสงที่อยู่ภายในตัวอย่างทดสอบให้เป็นวงรอบที่มีระยะทางไม่น้อยกว่า 100 m

9.3 การทดสอบการต้านทานการรั้งของลูกรอก (sheave test)

9.3.1 ทั่วไป

เคเบิลต้องผ่านการทดสอบตาม IEC 60794-1-21 วิธี E18B

9.3.2 คุณลักษณะที่ต้องการเป็นรายกลุ่ม

ค่าการลดทอนสัญญาณที่เพิ่มขึ้นอย่างถาวรสูงสุด: 0.10 dB ที่ความยาวคลื่น 1 550 nm

ต้องไม่มีการเสียหายทางกายภาพในองค์ประกอบเคเบิล

9.3.3 เงื่อนไขการทดสอบ

- IEC 60794-1-21 วิธี E18B กระบวนการ 1 หรือ 2
- ระดับแรงดึงที่ใช้ในระหว่างการทดสอบ: แรงดึงสูงสุด (หรือ MIT)
- ความยาวของเคเบิลที่ใช้ทดสอบ: ไม่น้อยกว่า 9 m โดยที่ความยาวเคเบิลที่โค้งภายใต้แรงดึง: 2 m
- ควรยึดเคเบิลกับอุปกรณ์จับยึดตามที่เหมาะสม
- ทำการเชื่อมต่อปลายของเส้นใยนำแสงที่อยู่ภายในตัวอย่างทดสอบให้เป็นวงรอบที่มีระยะทางไม่น้อยกว่า 100 m
- เส้นผ่านศูนย์กลาง (D) ของรอกหรืออุปกรณ์รูปทรงกระบอกต้องมีค่าไม่น้อยกว่าค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเคเบิลที่โค้งได้ตามที่ผู้ทำระบุไว้ (ค่าที่แนะนำ คือต้องไม่น้อยกว่า 40 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเคเบิล)
- มุมของการโค้งเคเบิลคือ  $45^\circ \pm 15^\circ$

- ความเร็วในการดึงเคเบิลให้เคลื่อนที่:  $1 \text{ m/s} \leq \text{ความเร็ว} \leq 10 \text{ m/s}$
- จำนวนรอบของการเคลื่อนที่: 20 รอบ

#### 9.4 การโค้งงอซ้ำ (repeated bending)

##### 9.4.1 ทั่วไป

เคเบิลต้องผ่านการทดสอบตามวิธีการที่กำหนดใน IEC 60794-1-21 วิธี E6

##### 9.4.2 คุณลักษณะที่ต้องการเป็นรายการกลุ่ม

เมื่อตรวจพินิจด้วยตาโดยไม่ใช้การขยาย ต้องไม่พบความเสียหายที่เปลือกหรือที่ส่วนประกอบของเคเบิล หลังจากเสร็จสิ้นการทดสอบค่าการลดทอนของสัญญาณต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลง ที่ความยาวคลื่น 1 550 nm

##### 9.4.3 เงื่อนไขการทดสอบ

- รัศมีการโค้ง: 20 d
- จำนวนรอบ: 25 รอบ

เงื่อนไขเฉพาะอาจเป็นข้อตกลงกันระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขายได้

#### 9.5 การกระแทก (impact)

##### 9.5.1 ทั่วไป

โครงสร้างของเคเบิลต้องผ่านการทดสอบตามวิธีการที่กำหนดไว้ใน IEC 60794-1-21 วิธี E4

##### 9.5.2 คุณลักษณะที่ต้องการเป็นรายการกลุ่ม

เมื่อตรวจพินิจด้วยตาโดยไม่ใช้การขยาย ต้องไม่พบความเสียหายที่เปลือกหรือที่ส่วนประกอบของเคเบิล รอยที่เกิดจากการกระแทกบนเปลือกเคเบิลจะไม่นำมาพิจารณาเป็นความเสียหายทางกล

ต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าการลดทอนของสัญญาณ ที่ความยาวคลื่น 1 550 nm

##### 9.5.3 เงื่อนไขการทดสอบ

- รัศมีของผิวที่กระแทก: 300 mm
- พลังงานการกระแทก: 10 J
- จำนวนครั้งของกระแทก: 3 ครั้ง ในแต่ละตำแหน่งที่แตกต่างกัน ระยะห่างไม่น้อยกว่า 500 mm

**หมายเหตุ** การใช้งานทั่วไปให้ใช้ค่าเหล่านี้ ข้อกำหนดเฉพาะควรรวมไว้ในข้อกำหนดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

#### 9.6 การบีบอัด (crush)

##### 9.6.1 ทั่วไป

เคเบิลต้องผ่านการทดสอบตามวิธีการที่กำหนดใน IEC 60794-1-21 วิธี E3 โดยไม่มีความเสียหายทางกายภาพหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าการลดทอนสัญญาณ

9.6.2 คุณลักษณะที่ต้องการเป็นรายกลุ่ม

เมื่อตรวจพินิจด้วยตาต้องไม่พบความเสียหายที่เปลือกหรือส่วนประกอบของเคเบิล รอยของแผ่นกดหรือแมนเดรลที่เกิดขึ้นบนเปลือกไม่ถือเป็นความเสียหายทางกล

สำหรับช่วงเวลาการบีบอัดนาน  $\geq 10$  min ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าการลดทอนสัญญาณ (ก่อนปลดแรงบีบอัดออก)

สำหรับช่วงเวลาการบีบอัดสั้น  $\geq 1$  min ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าการลดทอนสัญญาณ (หลังการทดสอบ)

9.6.3 เงื่อนไขการทดสอบ

- แรงบีบอัด(ระหว่างแผ่น): มีค่า 2.2 kN สำหรับช่วงเวลาการบีบอัดสั้น และมีค่า 1.1 kN สำหรับช่วงเวลาการบีบอัดนาน
- ระยะเวลาในการบีบอัด: 1 min สำหรับช่วงเวลาการบีบอัดสั้น ตามด้วย 10 min สำหรับช่วงเวลาการบีบอัดนาน
- จำนวนครั้งที่ทดสอบ: 3 ครั้ง
- ระยะห่างระหว่างตำแหน่งทดสอบ: 500 mm

หมายเหตุ การใช้งานทั่วไปให้ใช้ค่าเหล่านี้ ข้อกำหนดเฉพาะควรรวมไว้ในข้อกำหนดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

9.7 การบิด (torsion)

9.7.1 ทั่วไป

เคเบิลต้องผ่านการทดสอบตามวิธีการที่กำหนดใน IEC 60794-1-21 วิธี E7

9.7.2 คุณลักษณะที่ต้องการเป็นรายกลุ่ม

เมื่อตรวจพินิจด้วยตาโดยไม่ใช้การขยาย ต้องไม่พบความเสียหายที่เปลือกหรือส่วนประกอบเคเบิล

ต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าการลดทอนสัญญาณ ที่ความยาวคลื่น 1 550 nm

9.8 การทดสอบการสั่นสะเทือนจากแรงลมปะทะ (aeolian vibration test)

9.8.1 ทั่วไป

การต้านทานการสั่นสะเทือนจากแรงลมปะทะ ต้องผ่านการทดสอบตาม IEC 60794-1-21 วิธี E19

9.8.2 คุณลักษณะที่ต้องการเป็นรายกลุ่ม

เมื่อตรวจพินิจด้วยตาโดยไม่ใช้การขยาย ต้องไม่พบความเสียหายที่เกิดขึ้นที่เปลือกหรือส่วนประกอบเคเบิลและค่าการลดทอนสัญญาณหลังการทดสอบต้องเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 0.10 dB ที่ความยาวคลื่น 1 550 nm

9.8.3 เงื่อนไขการทดสอบ

การจับยึดปลายเคเบิลต้องใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมในการจับยึดและแขวนเพื่อรองรับการสั่นสะเทือน



## 9.8.4 พารามิเตอร์ที่ต้องรายงาน

- ช่วงระยะห่างระหว่างอุปกรณ์จับยึด
- ความยาวของเคเบิลและเส้นใยนำแสงที่ใช้ทดสอบ
- ลักษณะการสั่นสะเทือนที่ต้องคงไว้ระหว่างการทดสอบ
- ลักษณะเฉพาะของเครื่องมือที่ใช้วัด
- อุณหภูมิโดยรอบและค่าความชื้นระหว่างการทดสอบ
- มวล/หน่วย ความยาว และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเคเบิล

## 9.9 การทดสอบการสั่นสะเทือนที่ความถี่ต่ำ (galloping test)

## 9.9.1 ทั่วไป

การต้านทานของเคเบิลต่อการสั่นสะเทือนที่ความถี่ต่ำต้องผ่านการทดสอบตาม IEC 60794-1-21 วิธี E26 การทดสอบนี้ใช้กับเคเบิล ADSS ที่ใช้ติดตั้งในพื้นที่ที่เป็นน้ำแข็งและ/หรือมีลมแรง

## 9.9.2 คุณลักษณะที่ต้องการเป็นรายการกลุ่ม

การเพิ่มขึ้นของค่าการลดทอนสัญญาณแบบถาวรหรือแบบชั่วคราวที่ความยาวคลื่น 1 550 nm ต้องมีค่าไม่เกิน 0.10 dB

เปลือกต้องไม่แตกหรือฉีกขาด

## 9.9.3 เงื่อนไขการทดสอบ

ต้องวัดค่าทางแสงครั้งสุดท้ายหลังจากเสร็จสิ้นการทดสอบการสั่นสะเทือนไม่น้อยกว่า 2 h ให้ดึงเคเบิลส่วนที่จะทดสอบต่อไปด้วยค่าแรงดึงสูงสุดที่ยอมรับได้ (MAT) ซึ่งค่าการลดทอนสัญญาณต้องเป็นไปตามข้อ 9.2.1

## 9.10 วัฏจักรอุณหภูมิ (temperature cycling)

## 9.10.1 ทั่วไป

เคเบิลต้องผ่านการทดสอบตามวิธีการที่กำหนดใน IEC 60794-1-22 วิธี F1 จำนวนหนึ่งวัฏจักร การทดสอบกับช่วงอุณหภูมิที่กำหนดตามสภาพการใช้งานที่ระบุในข้อกำหนดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ หรือหลายวัฏจักรการทดสอบเมื่อกำหนดอุณหภูมิในการจัดเก็บแตกต่างกัน

## 9.10.2 คุณลักษณะที่ต้องการเป็นรายการกลุ่ม

สำหรับ  $T_A$  และ  $T_B$  ( $T_{A1}$  และ  $T_{B1}$  สำหรับหลายวัฏจักรทดสอบ) ต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าการลดทอนสัญญาณเมื่อเทียบกับค่าอ้างอิงที่วัด ณ อุณหภูมิห้อง ในย่านความยาวคลื่น 1 550 nm หรือย่านความยาวคลื่นที่ผู้ใช้งานกำหนด  $T_{A1}$  และ  $T_{B1}$  เป็นอุณหภูมิที่ใช้ทดสอบในวัฏจักรทดสอบรอบสุดท้ายเท่านั้น

สำหรับอุณหภูมิ  $T_{A2}$  และ  $T_{B2}$  ค่าการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์การลดทอนสัญญาณ ต้องไม่เกิน 0.15 dB/km ในรอบสุดท้ายของการทดสอบเมื่อเทียบกับค่าอ้างอิงที่วัดได้ ณ อุณหภูมิห้อง

เมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าการลดทอนสัญญาณ โดยทำการตรวจวัดค่าการลดทอนสัญญาณที่ความยาวคลื่น 1 550 nm

### 9.10.3 เงื่อนไขการทดสอบ

- ความยาวตัวอย่างทดสอบ: ความยาวเคเบิลสำเร็จรูปอย่างน้อย 500 m
- อุณหภูมิสูง,  $T_B$  สำหรับหนึ่งวัฏจักรการทดสอบ ( $T_{B1}$  สำหรับหลายวัฏจักรการทดสอบ):  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$
- อุณหภูมิสูง,  $T_{B2}$  :  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$  (สำหรับหลายวัฏจักรการทดสอบเท่านั้น)
- อุณหภูมิต่ำ,  $T_A$  สำหรับหนึ่งวัฏจักรการทดสอบ ( $T_{A1}$  สำหรับหลายวัฏจักรการทดสอบ):  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$
- อุณหภูมิต่ำ,  $T_{A2}$  :  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  (สำหรับหลายวัฏจักรการทดสอบเท่านั้น)
- อัตราการให้ความร้อน: การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต้องค่อยเป็นค่อยไปเพื่อที่จะไม่ก่อให้เกิดการช็อกของอุณหภูมิหรือที่อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ  $40\text{ }^{\circ}\text{C/h}$  , เมื่อไม่ได้ระบุไว้
- $t_1$  : ช่วงระยะเวลาที่เพียงพอให้อุณหภูมิในตัวอย่างคงที่
- จำนวนวัฏจักรการทดสอบ: 2 รอบ อาจจะเพิ่มจำนวนรอบได้เมื่อผู้ใช้งานต้องการ
- ค่าอุณหภูมิอาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งาน

### 9.11 การซึมผ่านของน้ำ (water penetration)

เคเบิลต้องผ่านการทดสอบตาม IEC 60794-1-22 วิธี F5B สำหรับเคเบิลที่มีการเติมเจลลี่ (jelly filled cable) หรือวิธี F5C สำหรับเคเบิลแบบแห้งทั้งเส้น (all-dry cable)

ระหว่างการทดสอบและสิ้นสุดการทดสอบต้องไม่พบน้ำที่ปลายเปิดของชิ้นงานทดสอบ

### 9.12 ความต้านทาน UV ของเคเบิล (cable UV resistance)

เปลือกนอกต้องทำมาจากวัสดุที่ทนทานต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตในอากาศ ตาม IEC 60794-1-22 วิธี F14

ความต้องการอื่นนอกเหนือจากนี้อยู่ภายใต้การพิจารณา

### 9.13 การทดสอบการต้านทานการเกิดรอยชำรุดและการกัดกร่อนทางไฟฟ้าที่เปลือกนอก (tracking and erosion resistance test)

เคเบิลที่ไม่นำไฟฟ้าและติดตั้งบนระบบสายส่งไฟฟ้าจะอยู่ในย่านสนามไฟฟ้า ขนาดสนามไฟฟ้าที่บริเวณนั้นขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้า เสาไฟฟ้าที่ออกแบบ โครงสร้างตัวนำไฟฟ้า และตำแหน่งของเคเบิล ADSS ที่ติดตั้ง เมื่อสภาพแวดล้อมที่ติดตั้งอยู่ในสภาพเฉพาะดังเช่นสภาพทะเลทราย หรือบริเวณที่มีมลพิษสูงและใกล้ทะเล สภาพดังกล่าวจะทำให้เกิดการเสื่อมสภาพจากผลทางไฟฟ้า (เช่น ประกายไฟฟ้าที่เกิดจากแถบแห้ง) ซึ่งเป็นสาเหตุให้เปลือกนอกเคเบิลเสียหายอย่างรุนแรงและทำให้เคเบิลเสียหายทั้งหมดในที่สุด ช่วงเวลาการเกิดการเสื่อมสภาพจากผลทางไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบโดยรวมของ ความต่างศักย์ทางไฟฟ้า เคเบิล สภาพแวดล้อม และวัสดุที่ใช้ทำเปลือกเคเบิล ในพื้นที่ที่มีค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้าสูงเกินไปหรือมีสภาพแวดล้อมที่เลวร้ายอาจจำเป็นต้องใช้วัสดุที่ทนทานต่อการเกิดรอยชำรุดมาทำเปลือกเพื่อลดความเสี่ยงอันมีผลต่ออายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์

จากประสบการณ์ที่ผ่านมา การใช้วัสดุชนิดต้านทานการเกิดรอยชำรุดบนเปลือกนอกในพื้นที่ที่ใช้งานระบบสายส่ง มากกว่า 12 kV ซึ่งอาจเป็นความต่างศักย์ไฟฟ้าที่สูงเกินไปอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมในบริเวณนั้น ในสภาวะแวดล้อมดังเช่นที่กล่าวมาแล้วข้างต้น อาจต้องใช้เปลือกที่เป็นชนิดต้านทานการเกิดรอยชำรุดในบริเวณที่มีความต่างศักย์ทางไฟฟ้าเพียงแค่ 4 kV ถึงแม้จะมีการนำวัสดุชนิดต้านทานการเกิดรอยชำรุดมาทำเปลือกแล้ว ยังต้องพิจารณาเป็นพิเศษนอกเหนือจากนั้นอีก เมื่อนำเคเบิล ADSS มาใช้ในบริเวณที่มีความต่างศักย์ทางไฟฟ้าที่สูงกว่า 20 kV

เปลือกที่ทำจากวัสดุต้านทานการเกิดรอยชำรุดจะใช้ในบริเวณที่มีสภาพดังต่อไปนี้

- ก) พื้นที่ที่ระบบสายส่งมีระดับแรงดันไฟฟ้าใช้งานที่ 150 kV หรือสูงกว่า
- ข) พื้นที่ที่ระบบสายส่งสร้างความต่างศักย์ทางไฟฟ้า 4 kV หรือสูงกว่าในพื้นที่ที่มีมลพิษหรือในพื้นที่ที่มีความเค็ม

ถ้าติดตั้งเคเบิล ADSS บนเสาโทรคมนาคม หรือบนเสาไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำ ไม่ต้องใช้เปลือกชนิดต้านทานการเกิดรอยชำรุดได้

ในปัจจุบันมีวิธีการประเมินคุณภาพของเปลือกที่ใช้วัสดุชนิดต้านทานการเกิดรอยชำรุดแบ่งออกเป็น 2 วิธี ซึ่งได้กล่าวไว้ในภาคผนวก ค. ดังต่อไปนี้

- 1) วิธีการทดสอบโดยใช้ละอองหมอกเกลือ และประเมินผลเคเบิลในสภาพเปียก (ฉีดละอองน้ำเกลืออย่างต่อเนื่อง)
- 2) วิธีการทดสอบอีกทางเลือกหนึ่งโดยการทำให้เคเบิลเปียกและแห้งในสภาวะแวดล้อมของแต่ละภูมิภาคที่ไม่เหมือนกันเพื่อสะท้อนให้เห็นค่าความทนทานที่แตกต่างกัน

วิธีการทดสอบอื่นอาจนำมาใช้ตรวจสอบการต้านทานการเกิดรอยชำรุดของเคเบิล ADSS ในสภาพแวดล้อมที่กล่าวถึงก็ได้

#### 9.14 การยึดตัวอย่างช้า ๆ (creep)

ไม่มีเกณฑ์ประเมินการยึดตัวอย่างช้า ๆ พารามิเตอร์นี้เป็นข้อแนะนำทางวิศวกรรมเพื่อให้เข้าใจถึงพฤติกรรมของเคเบิลระหว่างการใช้งาน วิธีทดสอบพฤติกรรมการยึดตัวของเคเบิลควรเป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย วิธีการทดสอบเคเบิลที่เหมาะสมจะทำตาม IEC 60794-1-21 วิธี E32 หรือ IEC 61395

#### 9.15 ความเข้ากันได้ของอุปกรณ์จับยึด

ประเภทของอุปกรณ์จับยึด ต้องผ่านการอนุมัติร่วมกันระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย ทั้งนี้ต้องมีการตรวจสอบการเข้ากันได้ของอุปกรณ์จับยึดดังวิธีต่อไปนี้

- อุปกรณ์จับยึดที่ใช้ในการทดสอบสมรรถนะแรงดึงระหว่างการทดสอบ MAT (ข้อ 9.2) ต้องมีระยะห่างมากที่สุดไม่เกิน 3 mm ระหว่างข้อต่อกับเคเบิล ในระหว่างการทดสอบและหลังการทดสอบ ไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลงค่าการลดทอนสัญญาณ

- ให้ดึงเคเบิลที่มีอุปกรณ์จับยึดแล้วด้วยแรง MIT โดยมีระยะห่างระหว่างอุปกรณ์จับยึดกับเคเบิลไม่เกิน 3 mm และให้ตั้งชุดทดสอบนี้เป็นเวลา 24 h ในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิ  $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  และมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่  $85\% \pm 5\%$  ไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลงค่าการลดทอนสัญญาณ
- อุปกรณ์แชนที่ใช้ระหว่างการทดสอบการสั่นสะเทือน (ข้อ 9.8 และข้อ 9.9) ต้องไม่ทำให้เกิดความเสียหายกับเคเบิลระหว่างทดสอบ ไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลงค่าการลดทอนสัญญาณ อุปกรณ์ลดแรงสั่นสะเทือนก็นำมาใช้ระหว่างการทดสอบได้
- หลังจากการทดสอบเสร็จสมบูรณ์ ให้ถอดอุปกรณ์ทั้งหมดออกจากเคเบิลและตรวจสอบสภาพเปลือกนอก ซึ่งเปลือกต้องไม่แตกหรือฉีกขาด

ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบในเงื่อนไขของอุณหภูมิและความชื้นต้องมีความยาวเพียงพอที่จะสามารถยึดปลายทั้งสองข้างได้ โดยต้องยาวอย่างน้อย 10 m อุปกรณ์ทั้งหมดต้องติดตั้งภายใต้อุณหภูมิและความชื้นที่กำหนด

หมายเหตุ อุปกรณ์ลดแรงสั่นสะเทือนไม่จำเป็นต้องใช้ในการทดสอบก็ได้ แต่ใช้เป็นทางเลือกในการติดตั้ง

## 10. การประกันคุณภาพ

เป็นความรับผิดชอบของผู้ทำในการสร้างการประกันคุณภาพด้วยกระบวนการควบคุมคุณภาพ เพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์เป็นไปตามข้อกำหนดคุณลักษณะตามมาตรฐานนี้ กรณีที่ผู้ซื้อต้องการระบุเงื่อนไขทดสอบแตกต่างไปจากการประกันคุณภาพ ให้เป็นการตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย

ผู้ขายต้องจัดทำ แนะนำ และดูแลระบบการจัดการให้มีคุณภาพตาม ISO 9001 หรือเทียบเท่า

ภาคผนวก ก. เป็นข้อแนะนำสำหรับการบรรจุและการทำเครื่องหมาย

## ภาคผนวก ก.

(ข้อแนะนำ)

### การบรรจุและการทำเครื่องหมาย

การพันเคเบิลใส่ลวดต้องให้แน่นเป็นชั้น ๆ อย่างเป็นระเบียบ ความยาวของเคเบิลในลวดอาจเป็นความยาวมาตรฐานหรือความยาวที่ระบุเฉพาะก็ได้ โดยทั่วไปผู้ทำจะเป็นผู้กำหนดความยาวเคเบิลในลวดซึ่งก็คือความยาวมาตรฐาน ส่วนความยาวที่ระบุเฉพาะจะกำหนดโดยผู้ใช้งาน ความยาวเคเบิลทั้งในส่วนของความยาวมาตรฐานและความยาวที่ระบุเฉพาะควรมีค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วง 0 % ถึง +2.0 %

ลวดที่ใช้ควรเป็นลวดไม่หม่นเวียนหรือเป็นลวดเหล็กหม่นเวียนโดยที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนลวดต้องไม่น้อยกว่า 40 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเคเบิล ถ้าผู้ซื้อและผู้ใช้ไม่ได้กำหนด ผู้ทำจะต้องกำหนดขนาดและชนิดของลวดที่แข็งแรงเพียงพอ ทนทานต่อสภาพการขนส่งปกติ การเคลื่อนย้าย การจัดเก็บ และการมัดด้วยเชือกโดยไม่ทำให้เคเบิลชำรุดเสียหาย

ลวดและสภาพปีกลวดด้านในต้องอยู่ในสภาพดี มีแผ่นเหล็กที่มีรูปร่างและความหนาที่เหมาะสม ติดที่รูเพลลาหม่นของปีกลวด แผ่นเหล็กนี้จะเจาะรูสำหรับสอดแกนเหล็กถาวร เพื่อป้องกันไม่ให้เคเบิลชำรุดเสียหายระหว่างการขนส่ง การเคลื่อนย้าย การจัดเก็บ การมัดด้วยเชือก และการติดตั้ง

เคเบิลต้องได้รับการป้องกันเพียงพอที่จะไม่เกิดความเสียหายอันเนื่องมาจากสาเหตุที่เป็นสภาวะทางกลและทางความร้อนจากแสงอาทิตย์

การแสดงหมายเลขที่ลวดต้องชัดเจน ทนทาน โดยแสดงบนปีกลวดด้านนอกทั้งสองด้านในลักษณะตรงข้ามกัน

ลวดแต่ละลวดต้องติดป้ายแสดงข้อมูลการจัดส่ง ป้ายต้องทนทานต่อสภาพอากาศ ข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมด อันได้แก่ ชื่อผู้ทำ ชนิดเคเบิลและจำนวนเส้นใยนำแสง เลขที่การสั่งซื้อ เลขที่ลวด เลขที่เคเบิล (ถ้ามี) ความยาวเคเบิล น้ำหนักรวม น้ำหนักลวด และน้ำหนักเคเบิลต้องแสดงไว้บนป้ายโดยอ่านออกได้ง่าย รายละเอียดของเคเบิลจะต้องแสดงไว้อย่างชัดเจนบนป้าย

การยึดปลายเคเบิลต้องแน่นเพียงพอที่ไม่ทำให้เคเบิลที่พันอยู่คลายตัวระหว่างการขนส่ง ปลายสายเคเบิลด้านในต้องอยู่ในสภาพที่สะดวกเพียงพอที่จะเชื่อมต่อกับเครื่องมือวัดทางแสง การพันปลายเคเบิลด้านนี้ต้องให้แน่นพอ เพื่อป้องกันความเสียหายอันอาจเกิดขึ้นระหว่างการขนส่ง

ต้องทำการปิดปลายสายของเคเบิลแต่ละด้านเพื่อป้องกันความชื้นแทรกซึมเข้าถึงเส้นใยนำแสงหรือสารกักน้ำไหลออก ระหว่างการขนส่งและการจัดเก็บ ลวดแต่ละลวดต้องมีการแสดงเครื่องหมายทิศทางการกรอของลวดในระหว่างการขนส่งบนปีกลวดด้านนอกเพื่อป้องกันไม่ให้เคเบิลในลวดคลายตัว

ที่เคเบิลเส้นใยนำแสงทุกหน่วยบรรจุ ทุกระยะช่วงห่างประมาณ  $1 \text{ m} \pm 1 \%$  อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายบนเคเบิลเส้นใยนำแสงให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน และไม่ลบเลือน เพื่อแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน, ชนิดและจำนวนของเส้นใยนำแสง, ปีที่ผลิต, ความยาวสะสม (sequential length) ของเคเบิลเส้นใยนำแสง ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องเป็นภาษาอังกฤษที่มีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

## ภาคผนวก ข.

(ข้อแนะนำ)

### ข้อพิจารณาการติดตั้งเคเบิล ADSS

ในกรณีส่วนใหญ่สำหรับเคเบิลติดตั้งใต้ดิน ความเค้นทางกลสูงสุด (ขึ้นอยู่กับแรงดึง แรงบิด แรงกด เป็นต้น) เกิดขึ้นในกระบวนการติดตั้ง ในกรณีที่ติดตั้งอย่างเหมาะสม เคเบิลจะทนต่อความเค้นที่เกิดขึ้นในขั้นสุดท้ายหรือค่าความเค้นที่คงอยู่ในระหว่างช่วงการใช้งาน

ในทางกลับกันเคเบิลแขวนอากาศจะอยู่ภายใต้แรงดึงที่เกิดขึ้นในการติดตั้งระหว่างการใช้งาน และอาจมีค่าแรงดึงสูงขึ้น ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่แปรเปลี่ยนไป

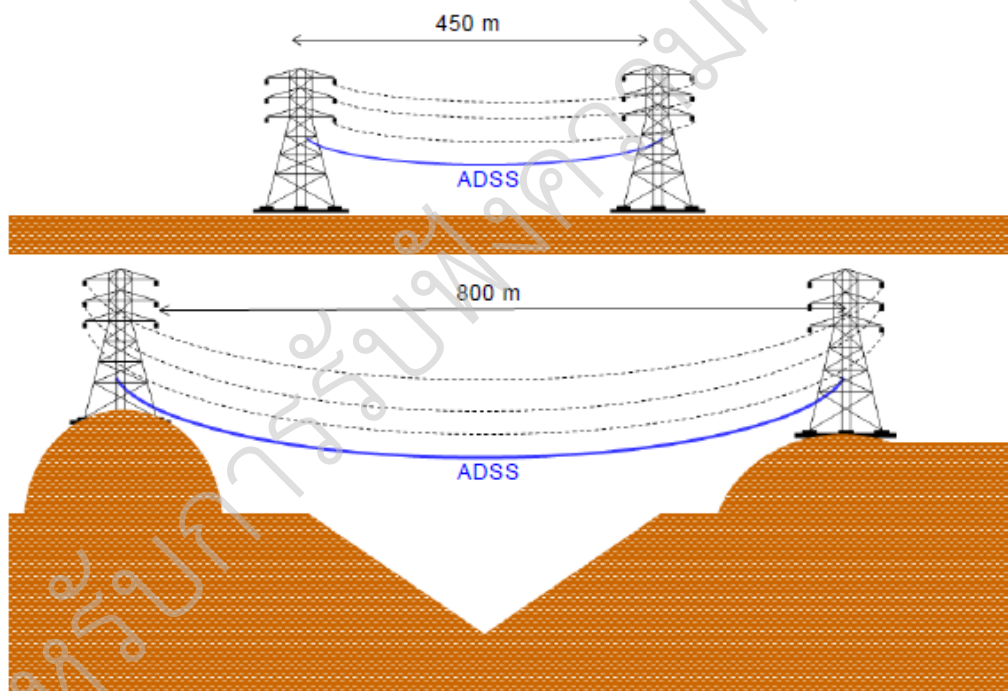
เพื่อเป็นหลักประกันว่าเคเบิลชนิดแขวนอากาศจะมีอายุการใช้งานเป็นเวลานาน การติดตั้งเคเบิลตามขั้นตอนอย่างระมัดระวังและการทดสอบเส้นใยนำแสงเมื่อติดตั้งเสร็จถือว่าไม่เพียงพอ แต่ต้องออกแบบหรือเลือกใช้เคเบิลที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและสภาพอากาศในบริเวณที่ใช้งานด้วย

การรวบรวมตัวแปรทั้งหมดในบริเวณพื้นที่ใช้งานจะนำมากำหนดค่าแรงดึงที่ต้องการของเคเบิล รายละเอียดที่ได้จากการศึกษาทางวิศวกรรมจะใช้ในการพิจารณาตัวแปรหลายตัวที่ส่งผลกระทบต่อแรงดึงในเคเบิลได้แก่ ช่วงห่างของการติดตั้ง ระยะการตกท้องช้าง อุณหภูมิ ความเร็วลม และขนาดของน้ำแข็งที่เกาะตัวบนเคเบิล ซึ่งข้อมูลทั้งหมดนี้นำมาใช้ในการออกแบบสายส่งแบบแขวนอากาศ อีกทั้งยังอาจพิจารณาข้อมูลเพิ่มเติมบางประการเพื่อให้มั่นใจได้ว่าเคเบิลที่ต้องการใช้งานมีความแข็งแรงเพียงพอ

- 1) สำหรับเคเบิลตัวนำ แรงดึงทางกลจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดเคเบิลซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบทางไฟฟ้าของระบบสายส่ง การออกแบบทางกายภาพของการเชื่อมต่อจะมีผลต่อความต้านทานทางกลของเคเบิล เนื่องจากเคเบิล ADSS ไม่มีสมบัติทางไฟฟ้าและบ่อยครั้งที่มีการติดตั้งในระบบสายส่ง การวิเคราะห์ทางกลที่ทำอย่างอิสระและการขาดข้อมูลจะทำให้การออกแบบเกินความจำเป็นหรือน้อยเกินไป
- 2) พารามิเตอร์อ้างอิงสำหรับเคเบิลที่มีโลหะเป็นส่วนประกอบคือ แรงดึงขณะขาด เคเบิลสามารถทนทานความเค้นในช่วงสั้น ๆ โดยไม่ชำรุดเสียหายภายใต้สภาวะวิกฤติ ในสถานการณ์เดียวกันสำหรับเคเบิล ADSS เส้นใยนำแสงอาจขาดได้ การออกแบบเคเบิลจะไม่สมบูรณ์เนื่องจากเส้นใยนำแสงซึ่งเป็นส่วนสำคัญอันดับแรกในระบบการเชื่อมต่อทางการสื่อสาร และแรงดึงขณะขาดไม่ใช่ค่าที่ใช้ในการออกแบบเคเบิล ADSS ดังนั้นเพื่อให้เส้นใยนำแสงอยู่ในสภาพสมบูรณ์ค่าที่จะนำมาใช้อ้างอิงคือ ค่าแรงดึงสูงสุดที่ยอมรับได้ (MAT)
- 3) แรงดึงขณะขาดไม่ใช่พารามิเตอร์ที่แสดงสมบัติทางแสงและทางกลของเคเบิล ADSS ในบางประเทศแรงดึงขณะขาดของเคเบิลแขวนอากาศถือเป็นข้อกำหนดของการติดตั้ง
- 4) MAT เป็นค่าที่สำคัญในการแสดงสมรรถนะของเคเบิลซึ่งต้องสอดคล้องกับสถานการณ์ความเค้นวิกฤติ (ลม น้ำหนักของน้ำแข็ง อุณหภูมิ) ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในพื้นที่ใช้งานแม้จะเกิดขึ้นไม่บ่อยก็ตาม
- 5) เกณฑ์ความยืดหยุ่นและสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นเป็นข้อมูลทางวิศวกรรม ผู้ทำจะกำหนดค่าเหล่านี้เพื่อใช้ในการคำนวณแรงดึงและการตกท้องช้าง หรือจัดทำตารางค่าการตกท้องช้างและค่าแรงดึงหากเป็นความต้องการของลูกค้า

- 6) แนะนำให้ใช้ค่าแรงดึงสูงสุดที่ใช้ในการติดตั้งสายเคเบิล (MIT) ในการพิจารณาการตักห้องข้าง โดยต้องมีค่าไม่เกินกว่าค่า MAT เมื่อมีลมและน้ำแข็งเกิดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังใช้ในการจำกัดโหลดขณะมีแรงดึงในสายเคเบิลตามแนวระบบสายส่งไฟฟ้า เพื่อหลีกเลี่ยงความเครียดถาวรที่จะเกิดกับเส้นใยนำแสง ค่า MIT ต้องมีค่าต่ำกว่าค่าขอบเขตความเครียดที่เป็นศูนย์
- 7) ระยะห่างของการติดตั้งสูงสุด ค่าการตักห้องข้างต่ำสุดหรือสูงสุด จะใช้ในกรณีการติดตั้งพิเศษภายหลังจากการศึกษารายละเอียดข้อมูลทางวิศวกรรม (ดูรูปที่ ข.1)
- 8) ตำแหน่งของเคเบิล ADSS ที่สัมพันธ์กับสายไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า มีผลต่อค่าความต่างศักย์สนามไฟฟ้าของเคเบิล ADSS ความเข้ากันได้ของค่าความต่างศักย์สนามไฟฟ้าควรนำมาพิจารณาด้วย
- 9) เมื่อมีการใช้งานระบบสายส่งและสายสื่อสารร่วมกัน ลูกค้านำต้องให้ความสำคัญในการกำหนดรายละเอียดการติดตั้งของเคเบิล ADSS และสายส่งไฟฟ้า พร้อมทั้งสภาพแวดล้อมที่ใช้งาน เพื่อใช้พิจารณากำหนดค่าความต่างศักย์สนามไฟฟ้าของเคเบิล ADSS

สำหรับสารสนเทศเกี่ยวกับขั้นตอนการติดตั้งที่จำเป็นและประเด็นปัญหาด้านความปลอดภัยต่อบุคคลและอุปกรณ์ เมื่อมีการติดตั้งหรือบำรุงรักษาเคเบิล ADSS บนสายไฟฟ้าเหนือดิน (overhead power line) ให้ดู IEC TR 62263



รูปที่ ข.1 - ตัวอย่างของระยะห่างช่วงเสาที่ต่างกันของเคเบิลชนิดเดียวกันจะมีระยะการตักห้องข้างต่างกัน

## ภาคผนวก ค.

(ข้อแนะนำ)

### การทดสอบทางไฟฟ้า (การเกิดรอย)

#### ค.1 ทัวไป

การกัดกร่อนทางไฟฟ้าจะเกิดขึ้นในกรณีที่เปลือกนอกเคเบิลได้รับความเสียหายซึ่งมีสาเหตุเกิดขึ้นได้หลายทาง ในกรณีนี้ยังไม่มีวิธีการทดสอบที่เป็นสากลเพื่อช่วยในการประเมินผล อย่างไรก็ตาม อาจใช้แนวทางที่เป็นไปได้ 2 ตัวเลือก ซึ่งได้อธิบายไว้แล้วในภาคผนวกนี้

ตัวเลือก ค.2 เป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับในการควบคุมวัสดุของเปลือกนอกเคเบิลตามที่กำหนดไว้ในข้อกำหนดคุณลักษณะ วิธีนี้เป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในภาคอุตสาหกรรมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติวัสดุ โดยไม่คำนึงถึงพฤติกรรมที่เกิดกับเคเบิลที่ใช้ในภาคสนาม วิธีการทดสอบตัวเลือก ค.3 เป็นการทดสอบเคเบิลกับระดับมลภาวะที่ต่างกัน แบบจำลองมลภาวะอธิบายไว้ใน ค.3.4

#### ค.2 ตัวเลือก ค.2 – คุณสมบัติวัสดุที่ใช้ทำเปลือกนอก

##### ค.2.1 ภาพรวม

วัตถุประสงค์ของการทดสอบนี้เพื่อแสดงการต้านทานการกัดกร่อนและการชำรุดของเปลือกนอกภายใต้ความเค้นทางไฟฟ้าและทางกล ในสภาวะที่สัมผัสกับอากาศชื้น (หมอกเกลือ)

##### ค.2.2 การเตรียมการทดสอบ

ชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบตัดจากเคเบิลที่อยู่ในช่วงการผลิต โดยทำการถอดปลายสายทั้งสองข้างเพื่อป้องกันความชื้น จากนั้นนำไปติดตั้งในแนวระดับระหว่างปากจับสองตัวของชุดทดสอบซึ่งติดตั้งในห้องที่มีแหล่งกำเนิดละอองน้ำเกลือ ชุดอุปกรณ์นี้จะสร้างแรงดึงให้อยู่ในสภาพเดียวกับสภาพการใช้งานจริงของเคเบิล อุปกรณ์ยึดสายเคเบิลกับพื้นควรเป็นไปในทำนองเดียวกับอุปกรณ์ที่ผู้ทำกำหนดเพื่อใช้ในการบริการและติดตั้งใกล้กับหอดัดตั้งเคเบิล ซึ่งอาจจะประกอบด้วยปากจับยึดแบบใช้ลวดพันและอุปกรณ์ผ่อนลดความเค้นทางไฟฟ้าและทางกล ผู้ทำต้องกำหนดอุปกรณ์เชื่อมต่อกับไฟฟ้าแรงดันสูงอย่างเหมาะสม ความยาวของตัวอย่างทดสอบจะอยู่ระหว่างปากจับและต้องยาวเพียงพอที่จะไม่ก่อให้เกิดการลัดวงจรระหว่างการทดสอบในสภาวะละอองน้ำเกลือ โดยทั่วไปความยาวขนาด 25 mm/kV ถือว่าเพียงพอ ระยะห่างระหว่างขั้วอิเล็กโทรดต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 40 mm เคเบิลต้องมีความตึงเพียงพอที่ทำให้การยึดของวัสดุที่ใช้ผลิตเคเบิลจะไม่ก่อให้เกิดการลดลงของความตึงจนเป็นนัยสำคัญ ควรตรวจสอบค่าความตึงเป็นระยะ ๆ ในช่วงเวลาที่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น ทุกช่วงเวลา 100 h เมื่อตรวจสอบแล้วพบว่าค่าความตึงเปลี่ยนแปลงไปมากกว่า 10% ของค่าเริ่มต้น ต้องทำการปรับค่าความตึงอีกครั้งให้มีค่าเท่าเดิม

การผลิตละอองหมอกกระทำภายในตู้โดยใช้หัวฉีดเป็นละอองฝอยละเอียดดังแสดงในรูปที่ 18 ใน IEC 60060-1:2010 โดยใช้หัวฉีด 1 ชิ้นต่อขนาดปริมาตรตู้ 2 m<sup>3</sup> การเตรียมสารละลายเกลือให้ผสมโซเดียมคลอไรด์ 10.0 kg ± 0.5 kg ลงในน้ำกลั่น 1 000 l ขนาดของหยดน้ำที่ออกจากหัวฉีดควรมีค่าระหว่าง 5 µm ถึง 20 µm และอัตราการไหลของสารละลายนี้ควรมีค่า 0.4 l/h ± 0.1 l/h สำหรับทุกปริมาตรตู้ 1 m<sup>3</sup> ทั้งนี้ควรอัดอากาศแห้งที่มีความดัน 3.3 Bar ไปยังหัวฉีด เพื่อให้หัวฉีดจะทำหน้าที่กระจาย



ละอองหมอกให้มีความหนาแน่นสม่ำเสมอโดยไม่ต้องไม่ฉีดตรงไปที่เคเบิล ควรจัดเตรียมช่องเปิดขนาดใหญ่กว่า  $80 \text{ cm}^2$  บนกำแพงตู้เพื่อระบายอากาศออกตามธรรมชาติ

หม้อแปลงทดสอบที่ใช้ต้องจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า  $250 \text{ mA RMS}$  และตั้งค่าตัดวงจรที่  $1 \text{ A RMS}$  ระยะห่างระหว่างเคเบิลกับกราวด์รอบข้างต้องมีค่าน้อยกว่า  $300 \text{ mm}$

### ค.2.3 ขั้นตอนการทดสอบ

หลังจากยึดเคเบิลให้ตึงด้วยค่าแรงดึง MIT แล้ว ใช้ผ้าชุบน้ำเช็ดเคเบิลให้สะอาดก่อนทำการทดสอบในหมอกน้ำเกลือ

หลังจากตรวจสอบความถูกต้องของขนาดหยดน้ำเกลือ ความหนาแน่นของหมอกในตู้ และขั้วอิเล็กโทรดแล้ว ให้ป้อนแรงดันไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา  $1\ 000 \text{ h}$

สำหรับเคเบิล ADSS ที่ติดตั้งในบริเวณที่มีสภาพแวดล้อมที่ก่อให้เกิดรอย (tracking generator) เนื่องจากมาจากแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและหรือการปกคลุมของอนุภาคปนเปื้อนที่มีความหนาแน่นสูง แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบระหว่างขั้วไฟฟ้าคือ  $3.0 \text{ kV/cm}$

น้ำเกลือที่ใช้ทดสอบอาจไม่ต้องนำมาใช้ใหม่ก็ได้ การหยุดระหว่างการทดสอบเพื่อตรวจสอบชิ้นงานสามารถทำได้หลายครั้งแต่ต้องไม่เกินครั้งละ  $15 \text{ min}$  โดยการหยุดตรวจสอบกระทำในทุก  $24 \text{ h}$  โดยจะไม่นับรวมเป็นเวลาที่ใช้ในการทดสอบ

### ค.2.4 เกณฑ์การตัดสิน

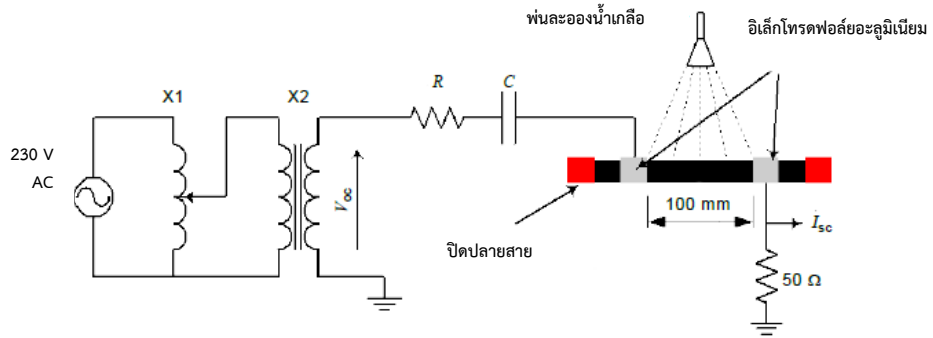
หลังจากการทดสอบเสร็จสิ้น การตรวจสอบด้วยตาต้องไม่พบเปลือกเคเบิลฉีกขาดไม่ว่าจะเป็นบริเวณที่มีการป้อนแรงดันไฟฟ้าหรือจุดที่ยึดเคเบิลไว้

การเกิดรอยของเปลือกเคเบิลต้องไม่เกิน  $30 \%$  ของความหนาเปลือกก่อนทดสอบ การตรวจเช็คทำได้โดยตัดชิ้นงานที่ชำรุดในแนวภาคตัดขวางและใช้เครื่องวัดที่สอบเทียบแล้ววัดค่าความหนาที่เหลืออยู่เพื่อใช้ตัดสิน

## ค.3 ตัวเลือก ค3 – ระดับมลภาวะและความต้านทานการเกิดรอย (pollution level and tracking resistance)

### ค.3.1 ภาพรวม

วัตถุประสงค์ของการทดสอบนี้เพื่อแสดงการต้านทานการชำรุดของเปลือกเคเบิลและร่องรอยชำรุดเมื่อเกิดการอาร์กระหว่างตำแหน่งที่มีความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้ารวมไปถึงการต้านทานมลภาวะบนเคเบิล การทดสอบนี้ใช้วงจรสมมูลเทวินินดังแสดงในรูปที่ ค.1 เพื่อเป็นตัวแทนของความต่างศักย์ระหว่างระดับมลภาวะที่แตกต่างกันซึ่งมีผลต่อการต้านทานของพื้นผิวเคเบิล  $V_{OC}$  เป็นแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดระหว่างแถบแห้งในมลภาวะขึ้นในกรณีที่ไม่เกิดการอาร์กทางไฟฟ้า (ดูข้อ ค.3.4) ระดับการปนเปื้อนของมลภาวะเกิดขึ้นจากตัวต้านทาน  $R$  และตัวเก็บประจุ  $C$  ที่ใส่ในวงจร

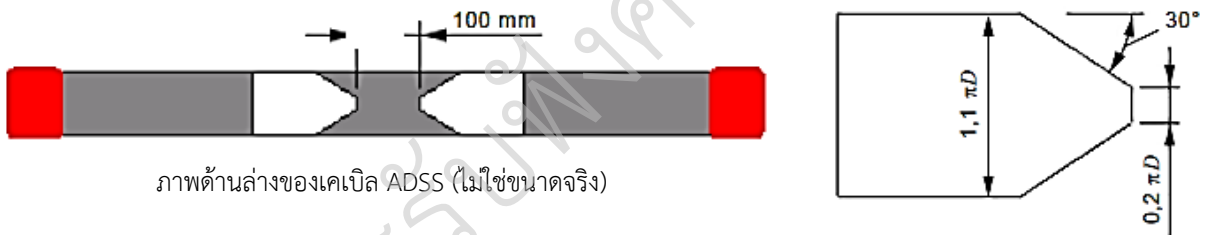


- โดยที่
- X1 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต
  - X2 หม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันสูง
  - Voc แรงดันไฟฟ้าขณะเปิดวงจร (open circuit voltage)
  - Isc กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (short circuit current)
  - R, C อิมพีแดนซ์จำกัดกระแส (limiting impedance)

รูปที่ ค.1 - ผังไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบ

ค.3.2 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับทดสอบ

เตรียมชิ้นงานทดสอบที่เป็นเคเบิลยาว 460 mm (18 ") ดังรูปที่ ค.2ก อุดปลายเคเบิลทั้งสองข้าง ตัดแผ่นฟอลย์หรือโลหะบางออกเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมคางหมู 2 ชิ้นแล้วพันรอบเคเบิล โดยเว้นช่องให้มีระยะห่างกัน 100 mm (4 ") ทั้งนี้ตำแหน่งที่พันควรให้อยู่ใกล้เคียงกึ่งกลางของชิ้นงานทดสอบ



ภาพด้านล้างของเคเบิล ADSS (ไม่ใช่ขนาดจริง)

- โดยที่
- D ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเคเบิล

ก - รายละเอียดของตัวอย่าง

ข - รูปร่างของอิเล็กโทรด

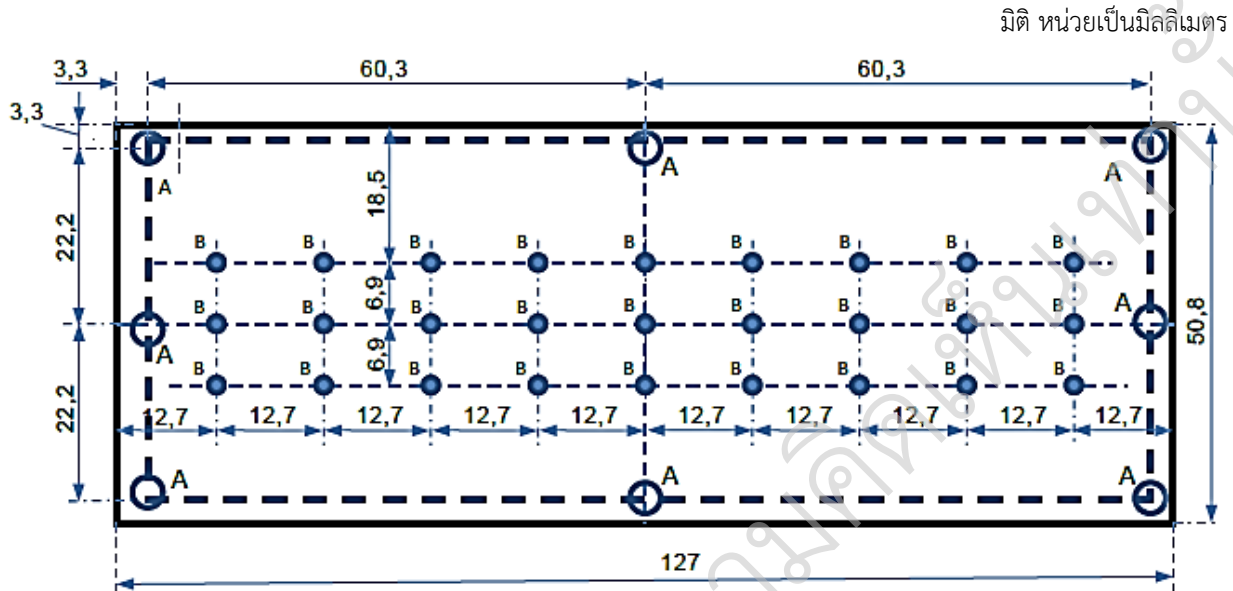
รูปที่ ค.2 - ฟอลย์ของอิเล็กโทรด

หม้อแปลงแบบออโต X1 ควบคุมแรงดันไฟฟ้าปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้าแรงสูง X2 การออกแบบอุปกรณ์เพิ่มเติมสามารถทำได้ เพื่อใช้ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าสูงไม่เกิน 40 kV

ค่าอิมพีแดนซ์กำหนดโดยตัวต้านทาน R ที่ต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุ C ค่าอิมพีแดนซ์นี้หมายถึงอัตราส่วนระหว่างแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดของแถบแห้งกับกระแสไฟฟ้าลัดวงจรเมื่อเกิดการอาร์ก (ค่ากระแสในระดับมลภาวะที่เริ่มเกิดการอาร์ก) ความต้านทาน 50 ohm ทำหน้าที่ช่วยในการวัดกระแสไฟฟ้าในหน่วยมิลลิแอมแปร์

การเตรียมชิ้นงานทดสอบหลายชิ้นงานสามารถทำได้ แต่ชิ้นงานแต่ละชิ้นต้องต่อกับวงจร RC แล้วจึงนำมาเชื่อมต่อกับ Voc

รูปที่ ค.3 แสดงโครงสร้างของอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งหัวฉีดเพื่อสร้างสภาพการนำไฟฟ้าบนผิวเคเบิลฐานรองหัวฉีดทำจากแผ่นเหล็กที่ไม่เป็นสนิมหรือสแตนเลสสตีลขนาด 50 mm x 127 mm ที่เจาะรูสำหรับปล่อยน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.6 mm ที่จัดเรียงเป็นแถวเพื่อฉีดละอองน้ำระหว่างขั้วอิเล็กโทรด เคเบิลที่เป็นชิ้นงานทดสอบต้องติดตั้งด้านล่างฐานรองหัวฉีดในระยะห่าง 10 cm



วัสดุ: แผ่นสแตนเลสหนา 0.8 mm

ทุกระูที่มีเครื่องหมาย A มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.6 mm (8 รู)

รูน้ำให้เครื่องหมายเป็น B โดยเรียงเป็นอาร์เรย์ขนาด 9 x 3

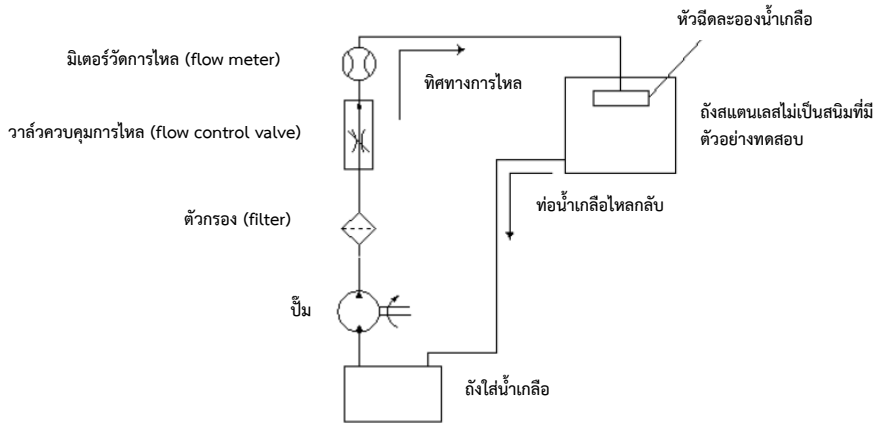
รูน้ำเครื่องหมาย B มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 mm

### รูปที่ ค.3 – ฐานรองหัวฉีด

ไดอะแกรมของระบบการสร้างมลภาวะสภาพแวดล้อมเพื่อการทดสอบ แสดงดังรูปที่ ค.4 น้ำเกลือที่ผสมเสร็จแล้วจะบรรจุอยู่ในถังพลาสติก บังน้ำจะดูดน้ำเกลือผ่านวาล์วควบคุมการไหล ตัวกรอง มิเตอร์วัดอัตราการไหล และหัวฉีดละอองน้ำ ละอองน้ำที่ถูกพ่นออกจากหัวฉีดแล้วจะไหลมารวมกันในถังสแตนเลสที่ไม่เป็นสนิมแล้วไหลกลับไปในถังเก็บ อัตราการไหลและปริมาณสารละลายน้ำเกลือต้องมีค่าคงที่ตลอดการทดสอบ

สารละลายน้ำเกลือ: 1% (หลังจากผสมเกลือใหม่แล้วต้องรอ 12 h เพื่อให้การละลายสมบูรณ์) ตรวจสอบปริมาณสารละลายน้ำเกลือทุก 24 h เพื่อให้แน่ใจว่ายังคงมีปริมาณสารละลายน้ำเกลือในสัดส่วน 1% หรือมากกว่า

อัตราการไหล: 2 U/min ถึง 3 U/min



รูปที่ ค.4 – ไดอะแกรมระบบการฉีดละอองน้ำเกลือ

ค.3.3 วิธีการทดสอบ

ในการทดสอบต้องเลือกค่า  $R_{eq}$ ,  $C_{eq}$  และ  $V_{oc}$  ที่เหมาะสม โดยค่า  $R_{eq}$  และ  $C_{eq}$  ที่เลือกแทนระดับมลภาวะของสภาพแวดล้อมที่ต้องการขณะทดสอบ ค่าแรงดันไฟฟ้า  $V_{oc}$  ที่เลือกเป็นตัวกำหนดค่าความต่างศักย์สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นตามระยะห่าง ดังแสดงในตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 ค่า  $R_{eq}$  และ  $C_{eq}$  สำหรับค่าดัชนีมลภาวะที่ต่างกัน

ดัชนีมลภาวะ	โอห์มต่อเมตร ( $\Omega/m$ )	หมวดหมู่	$R_{eq}$ ( $\Omega$ )	$C_{eq}$ (pF)
PI				
5	100 000	หนัก	$4.2 \times 10^6$	650
5.3	200 000	หนัก	$5.8 \times 10^6$	457
5.7	500 000	หนัก	$9.2 \times 10^6$	290
6	1 000 000	ปานกลาง	$13.1 \times 10^6$	200
6.3	2 000 000	ปานกลาง	$18.6 \times 10^6$	145
6.7	5 000 000	ปานกลาง	$30.0 \times 10^6$	90
7	10 000 000	เบา	$42.0 \times 10^6$	65

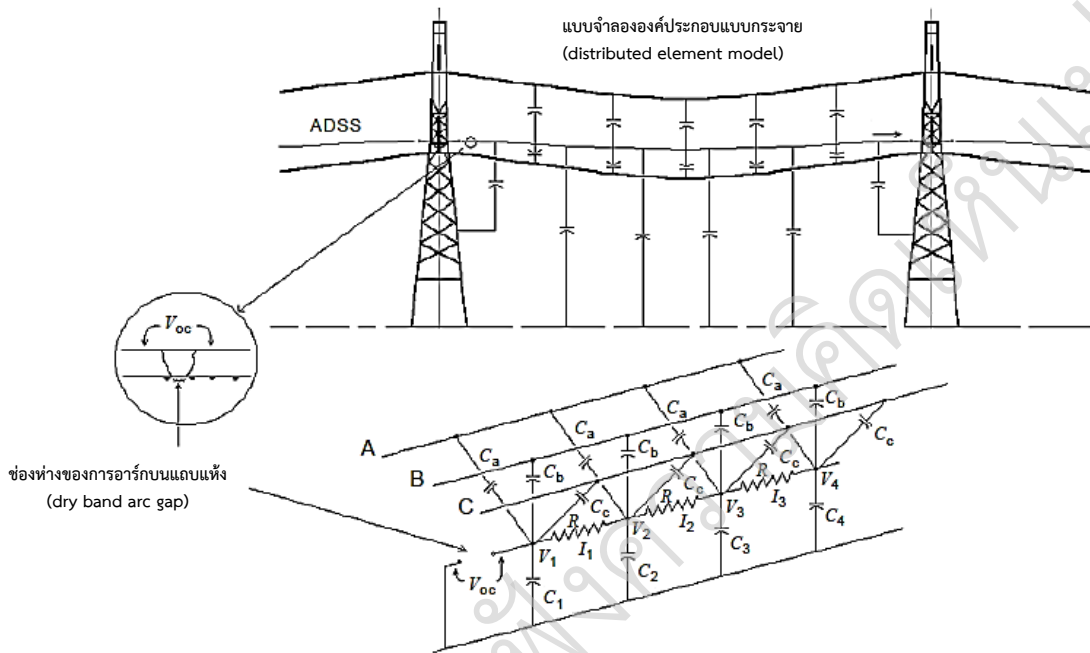
วัฏจักรหรือรอบของการทดสอบคือการทำซ้ำของการฉีดพ่นละอองน้ำเกลือและการทำให้แห้ง โดยฉีดพ่นละอองน้ำเกลือเป็นเวลา 2 min แล้วปล่อยให้แห้ง 13 min ระหว่างช่วงเวลาการปล่อยให้แห้งจะเกิดการอาร์กของไฟฟ้าบนชิ้นงาน การทดสอบนี้ต้องกระทำในสภาวะอุณหภูมิห้องและความชื้นปกติ

การไหลของกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการอาร์กบนแถบแห้งต้องไม่ทำลายเปลือกนอกเคเบิลก่อนครบรอบเวลาการทดสอบ 300 รอบ ภายใต้ดัชนีมลภาวะ (PI) ที่เหมาะสมของแต่ละพื้นที่ กรณีที่ไม่มีกำหนดค่าดัชนีมลภาวะของพื้นที่ ผู้ซื้อหรือผู้ใช้อาจกำหนดค่าดัชนีมลภาวะที่มีค่าต่ำได้ ผู้ที่ต้องผลิต

เคเบิลให้มีความทนทานต่อการทดสอบให้ครบ 300 รอบ การทดสอบในสภาวะดัชนีมลภาวะที่น้อยกว่าหรือเท่ากับค่าที่ผู้ซื้อหรือผู้ใช้กำหนด

ค.3.4 ภาพรวมของแบบจำลองมลภาวะและการทดสอบทางไฟฟ้า

ตัวต้านทานตัวแรก (ต่อ  $V_1$  กับเสาที่ต่อลงดิน) ต้องมีค่าสูงมาก (เช่น  $10^{14} \Omega$ ) การหาค่า  $V_{oc}$  เกิดจากการคำนวณซ้ำหลาย ๆ ครั้งเพื่อให้ได้ค่า  $V_{oc}$  ที่เป็นแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมส่วนแถบแห้งในมลภาวะชั้นใกล้เสาไฟฟ้า  $I_0$  เป็นกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดการอาร์กหรือประกายไฟบริเวณแถบแห้ง

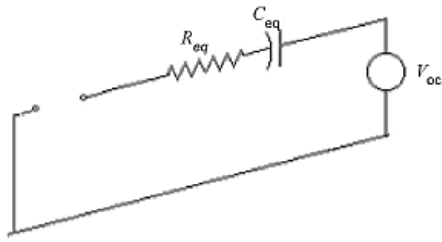


ช่องห่างของการอาร์กบนแถบแห้ง (dry band arc gap)

โดยที่  
R ความต้านทานมลภาวะ ในหน่วยโอห์มต่อระยะทาง (เมตร, ฟุต หรืออื่นๆ)

รูปที่ ค.5 - แบบจำลององค์ประกอบแบบกระจายที่มีการอาร์กบนแถบแห้ง

ตามแบบจำลองในรูปที่ ค.5 สามารถลดรูปเป็นวงจรไฟฟ้าสมมูลได้โดยการหาร  $V_{oc}$  ด้วย  $I_0$  โดยที่ A และ B เป็นค่าของมุมเฟสของแต่ละปริมาณไฟฟ้า วงจรไฟฟ้าพื้นฐานสำหรับทดสอบการอาร์กแสดงไว้ในรูปที่ ค.6



$$Z_{eq} = \frac{V_{oc} \angle A}{I_0 \angle B} = \frac{V_{oc} (\cos A) + jV_{oc} (\sin A)}{I_0 (\cos B) + jI_0 (\sin B)} = R_{eq} - jX$$

$$C_{eq} = \frac{1}{\omega X} \quad \omega = 2\pi f \quad f = 50 \text{ Hz}$$

รูปที่ ค.6 - วงจรสมมูลเทวินิน

## ภาคผนวก ง.

(ข้อแนะนำ)

เคเบิล ADSS ที่ใช้ติดตั้งบนสายไฟฟ้าเหนือดิน

ตารางที่ ง.1 ระบุรายละเอียดในช่องว่าง

1. จัดเตรียมโดย		2. หมายเลขเอกสาร ผู้ออกเอกสาร วันที่
3. วันที่มีผลบังคับ	4. คุณลักษณะทั่วไป: IEC 60794-1-2 คุณลักษณะเฉพาะส่วน: IEC 60794-4 คุณลักษณะเป็นรายกลุ่ม: มอก. 3208 หรือ IEC 60794-4-20	
5. ข้อมูลอ้างอิงเพิ่มเติม		
6. รายละเอียดของเคเบิล		
7. โครงสร้างเคเบิล		
<u>เส้นใยนำแสง</u>		
<u>จำนวนเส้นใยนำแสง</u>		
มอดูลาริตี (modularity)		
<u>โครงสร้าง</u> ท่อหลวมเติมเจลลี่ ท่อหลวมไม่เติมเจลลี่ แกนมีร่องเติมเจลลี่ แกนมีร่องไม่เติมเจลลี่ แถบในแกนมีร่อง แถบในท่อหลวม แกนรับแรงดึงตรงกลาง - อโลหะ สารเติมในแกน-ก้านน้ำแบบปกติ สารเติมในแกน- วัสดุดูดซับน้ำ		หมายเหตุเพิ่มเติม
<u>การจัดวางส่วนประกอบ</u> ตีเกลียว (ทิศทางเดียวหรือแบบ SZ) กลุ่มเดี่ยว		
7. โครงสร้างเคเบิล (ต่อ) เปลือกชั้นใน ตัวรับแรงดึงรอบนอก - อโลหะ ส่วนป้องกันความชื้น เปลือกนอก		หมายเหตุเพิ่มเติม

<p>เกราะ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- โลหะ</li> </ul> <p>ส่วนป้องกันภายนอก</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- เปลือกทำด้วยพอลิเอทิลีน</li> <li>- เปลือกมีคุณสมบัติต้านทานการเกิดรอย</li> </ul> <p>การทำเครื่องหมาย</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ความต้องการของลูกค้า</li> <li>- ชื่อผู้ทำ</li> </ul>	
<p>(8) ข้อมูลการใช้งาน</p>	
<p><u>ทั่วไป</u></p> <p>เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกสูงสุด (<math>d</math>)</p> <p>แรงดึงสูงสุดที่ใช้ในการติดตั้งสายเคเบิล (MIT)</p> <p>แรงดึงสูงสุดที่ยอมรับได้ (MAT)</p> <p>ขอบเขตความเครียดที่เป็นศูนย์</p> <p>รัศมีความโค้งต่ำสุดกรณีไม่มีแรงกระทำ</p> <p>รัศมีความโค้งต่ำสุดกรณีมีแรงกระทำ</p> <p>ช่วงอุณหภูมิ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ขนส่งและจัดเก็บ</li> <li>- ติดตั้ง</li> <li>- ใช้งาน</li> </ul> <p>น้ำหนักเคเบิล</p> <p>ความยาวของเคเบิลที่ผลิต</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- โดยทั่วไป</li> <li>- ค่าที่ระบุ/ความคลาดเคลื่อน</li> <li>- โมดูลัสของความยืดหยุ่น</li> <li>- สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้น</li> <li>- คุณสมบัติการยึดตัวอย่างซ้ำๆ</li> </ul>	<p>mm</p> <p>N</p> <p>N</p> <p>N</p> <p>mm หรือ nxd</p> <p>mm หรือ nxd</p> <p>°C</p> <p>°C</p> <p>°C</p> <p>kg/km</p> <p>m</p> <p>- 0 %, + 1 %</p> <p>kPa</p> <p><math>10^{-6}/^{\circ}\text{C}</math></p> <p>%</p>
<p><u>กรณีเฉพาะ (การออกแบบเคเบิลเฉพาะ)</u></p> <p>ความหนาของน้ำแข็ง</p> <p>ความเร็วลม</p> <p>ระยะติดตั้งเคเบิลช่วงห่างที่ยาวสุดเมื่ออยู่ในสภาวะแรงลมสูงสุด</p> <p>ระยะการตกห้องข้างต่ำสุดที่ระยะติดตั้งเคเบิลช่วงห่างที่ยาวสุด</p> <p>(ไม่เกินค่า MAT ในสภาวะแรงลม)</p>	<p>mm</p> <p>km/h</p> <p>m</p> <p>m หรือ %</p>