

中华人民共和国国家标准

GB/T 32520—2024

代替 GB/T 32520—2016



交流 1 kV 以上架空输电和配电线路用带外 串联间隙金属氧化物避雷器(EGLA)

**Metal-oxide surge arresters with external series gap (EGLA) for overhead
transmission and distribution lines of a.c. systems above 1 kV**

**[IEC 60099-8:2017, Surge arresters—Part 8: Metal-oxide surge arresters
with external series gap (EGLA) for overhead transmission and
distribution lines of a.c. systems above 1 kV, MOD]**

了解仪器热线13402079333栗先生

2024-03-15 发布

2024-10-01 实施

国家市场 监督管 理总局
国家标准 化管理 委员会

发 布

目 次

前言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 标志和分类	5
4.1 EGLA 标志	5
4.2 EGLA 分类	6
5 标准额定值和运行条件	6
5.1 标准额定电压	6
5.2 标准额定频率	6
5.3 标准标称放电电流	6
5.4 运行条件	7
6 技术要求	7
6.1 SVU 外套和整只 EGLA 的绝缘耐受	7
6.2 残压	7
6.3 大电流负载	8
6.4 雷电放电能力	8
6.5 SVU 的短路性能	8
6.6 机械性能	8
6.7 SVU 的气候老化	9
6.8 SVU 的参考电压	9
6.9 内部局部放电	9
6.10 绝缘配合	9
6.11 续流遮断	9
6.12 电磁兼容	9
6.13 寿命的终结	10
6.14 SVU 的 0.75 倍直流参考电压下漏电流	10
6.15 SVU 复合外套及支撑件外观要求	10
6.16 SVU 的密封性能	10
6.17 EGLA 冲击伏秒特性	10
6.18 耐污性能	10
6.19 间隙距离检查	10
6.20 绝缘支撑件检查	10
6.21 金具镀锌检查	11
6.22 EGLA 的包装、运输和保管	11
7 试验要求	11

7.1 测量设备及准确度	11
7.2 试验样品	11
8 型式试验	11
8.1 通用要求	11
8.2 绝缘耐受试验	13
8.3 残压试验	14
8.4 放电电压试验	14
8.5 大电流冲击耐受试验	15
8.6 重复转移电荷试验	16
8.7 短路试验	18
8.8 续流遮断试验	27
8.9 机械负荷试验	30
8.10 气候老化试验	37
8.11 外观检查	38
8.12 参考电压试验	38
8.13 0.75 倍直流参考电压下漏电流试验	38
8.14 密封试验	38
8.15 局部放电试验	39
8.16 雷电冲击伏秒特性试验	39
8.17 无线电干扰电压试验	40
8.18 可见电晕试验	40
8.19 操作冲击耐受电压试验	40
8.20 统一爬电比距检查	40
8.21 间隙距离检查	41
8.22 支撑件工频耐受电压试验	41
8.23 支撑件陡波冲击电压试验	41
8.24 金具镀锌检查	41
9 例行试验	41
10 验收试验	42
11 抽样试验和定期试验	42
11.1 抽样试验	42
11.2 定期试验	42
附录 A (资料性) 本文件章条编号与 IEC 60099-8:2017 章条编号对照	44
附录 B (资料性) 本文件与 IEC 60099-8:2017 技术性差异及其原因	46
附录 C (规范性) 异常运行条件	52
附录 D (规范性) 振动试验	53
附录 E (规范性) 典型的 EGLA 电气参数	55
附录 F (规范性) 绝缘子耐受和 EGLA 保护水平之间的配合试验	57
附录 G (资料性) EGLA 的包装、运输和保管	59
附录 H (资料性) 一种典型的 EGLA 雷电冲击 50 % 放电电压	60

附录 I (规范性) 串联间隙的重复转移电荷试验程序	61
附录 J (资料性) 续流遮断试验的典型试验回路	62
附录 K (规范性) 机械性能	63
参考文献	67

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 32520—2016《交流 1 kV 以上架空输电和配电线路用带外串联间隙金属氧化物避雷器(EGLA)》，与 GB/T 32520—2016 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 增加了术语和定义“串联间隙”“绝缘支撑件”“拉伸负荷”(见 3.3、3.4、3.25)；
- 更改了术语和定义“带外串联间隙线路避雷器”(见 3.1, 2016 年版的 3.1)、“EGLA 的额定电压”(见 3.8, 2016 年版的 3.6)；
- 更改了 SVU 外套和整只 ECLA 的绝缘耐受、残压、机械性能、SVU 复合外套及支撑件外观要求的要求(见 6.1、6.2、6.6、6.15, 2016 年版的 6.1、6.2、6.6、6.16)；
- 增加了耐污性能、间隙距离检查、绝缘支撑件检查、金具镀锌检查的要求(见 6.18、6.19、6.20、6.21)；
- 删除了 SVU 的持续电流(见 2016 年版的 6.14)；
- 删除了 ECLA 放电电压性能要求(见 2016 年版的 6.18)；
- 增加了规范性引用文件 GB/T 16927.4(见 7.1)；
- 更改了大电流冲击耐受试验(见 8.5, 2016 年版的 8.5)；
- 删除了雷电放电能力试验(见 2016 年版的 8.6)；
- 删除了持续电流试验(见 2016 年版的 8.12)；
- 增加了重复转移电荷试验、可见电晕试验、操作冲击耐受电压试验、统一爬电比距检查、间隙距离检查、支撑件工频耐受电压试验、支撑件陡波冲击电压试验、金具镀锌检查(见 8.6、8.18、8.19、8.20、8.21、8.22、8.23、8.24)；
- 将“对聚合物(特别是复合与树脂浇铸)外套 SVU, 抗 UV 辐射应通过按照 8.10.5.1 和 8.10.5.2 (GB/T 22079—2008 中 9.3.2)的 UV 试验来验证。如果按照 GB 11032—2010 中 10.8.4 的 5 000 h 试验(系列 B)的气候老化试验报告适用本设计, 经供需双方同意, 可替代 UV 试验。”更改为“对聚合物(复合与树脂浇铸)外套 SVU, 应进行紫外光试验。”删除规范性引用文件 GB/T 22079—2008(见 8.10.5, 2016 年版的 8.10.5)；
- 将密封性试验程序具体列出, 删除规范性引用文件 JB/T 7618—2011(见 8.14.3, 2016 年版的 8.15.3)；
- 删除了规范性引用文件 GB/T 2317.2(见 2016 年版的 8.18、10.4)；
- 更改了规范性引用文件 GB/T 191—2008 为资料性引用文件(见附录 G, 2016 年版的附录 G)。

本文件修改采用 IEC 60099-8:2017《避雷器 第8部分：1 kV 以上交流系统架空输配电线路用外串联间隙金属氧化物避雷器(EGLA)》。

本文件与 IEC 60099-8:2017 相比, 在结构上有较多调整。两个文件之间的结构编号变化对照一览表见附录 A。

本文件与 IEC 60099-8:2017 相比, 存在较多技术差异, 在所涉及的条款的外侧页边空白位置用垂直单线(⏏)进行了标示。这些技术差异及其原因一览表见附录 B。

本文件做了下列编辑性改动：

- 为与我国技术标准体系一致, 将标准名称修改为《交流 1 kV 以上架空输电和配电线路用带外串联间隙金属氧化物避雷器(EGLA)》；

——增加了资料性附录 A、附录 B、附录 G、附录 H。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国避雷器标准化技术委员会(SAC/TC 81)归口。

本文件起草单位：西安高压电器研究院股份有限公司、中国电力科学研究院有限公司、西安西电避雷器有限责任公司、金冠电气股份有限公司、平高东芝(廊坊)避雷器有限公司、厦门 ABB 避雷器有限公司、西安交通大学、清华大学、西安神电电器有限公司、南方电网科学研究院有限责任公司、山东迅实电气有限公司、国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司、华北电力科学研究院有限责任公司、国网四川省电力公司电力科学研究院、江东金具设备有限公司、大连北方避雷器有限公司、明电舍(郑州)电气工程有限公司、正泰电气股份有限公司、南阳金牛电气有限公司、上海电缆厂有限公司、抚顺电瓷制造有限公司、恒大电气有限公司、南阳中威电气有限公司、嘉兴市瑞嘉电气有限公司、杭州永德电气有限公司、中国铁道科学研究院集团有限公司、四川大学、大连法伏安电器有限公司。

本文件主要起草人：孙泉、王保山、张博宇、王建生、何计谋、库海波、熊易、徐学亭、李明刚、赵冬一、左中秋、李媛、王陆璐、郭洁、何金良、贾东旭、蔡汉生、宋继军、万峰、李凡、祝嘉喜、黄勇、弥璞、胡上茂、彭杨涵、卢文浩、彭珑、崔涛、郭永诚、高永海、马艾茜、李敬彪、靳国青、孙涛、侯冰、刘飞、刘斌、董建洪、姜成、雷栋、孟鹏飞、李石磊、吴绍君。

本文件历次版本发布情况：

——GB/T 32520—2016。

交流 1 kV 以上架空输电和配电线路用带外 串联间隙金属氧化物避雷器(EGLA)

1 范围

本文件适用于交流 1 kV 以上架空输电和配电线路用带外串联间隙金属氧化物避雷器(以下简称带外串联间隙线路避雷器,EGLA),仅保护线路绝缘(包括绝缘子和空气间隙)免受雷电引起的闪络或击穿。

由于 EGLA 的金属氧化物电阻片通过外串联间隙连接到线路上,下面的问题将不在本文件中考虑:

- 操作冲击放电电压;
- 陡波和操作冲击残压;
- 热稳定;
- 长持续电流冲击耐受;
- 避雷器工频电压耐受时间特性;
- 脱离器试验;
- 工频电压引起的老化。

对于避雷器本体与间隙一体化设计、无法拆卸的带外串联间隙金属氧化物避雷器部分性能要求,试验方法在本文件中并未考虑,因此本文件不适用于该类避雷器。经供需双方同意,该类避雷器的技术要求参照本文件的部分内容执行,但还要额外考虑本文件对于该类避雷器性能未考核的内容。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 311.1—2012 绝缘配合 第1部分:定义、原则和规则(IEC 60071-1:2006,MOD)

注:GB/T 311.1—2012 被引用的内容与 IEC 60071-1:2006 被引用的内容没有技术上的差异。

GB/T 2423.17—2008 电工电子产品环境试验 第3部分:试验方法 试验 K:电压(IEC 60068-2-11:1981,IDT)

GB/T 2423.22—2012 环境试验 第2部分:试验方法 试验 N:温度变化(IEC 60068-2-14:2009,IDT)

GB/T 2900.12—2008 电工术语 避雷器、低压电涌保护器及元件

GB/T 2900.19—2022 电工术语 高电压试验技术和绝缘配合

GB/T 4585—2004 交流系统用高压绝缘子的人工污秽试验(IEC 60507:1991,IDT)

GB/T 7354 高电压试验技术 局部放电测量(GB/T 7354—2018,IEC 60270:2000,MOD)

GB/T 11032—2020 交流无间隙金属氧化物避雷器(IEC 60099-4:2014,MOD)

注:GB/T 11032—2020 被引用的内容与 IEC 60099-4:2014 被引用的内容没有技术上的差异。

GB/T 11604—2015 高压电气设备无线电干扰测试方法(IEC/TR CISPR 18-2:2010,MOD)

注:GB/T 11604—2015 被引用的内容与 IEC/TR CISPR 18-2:2010 被引用的内容没有技术上的差异。



了解仪器热线13402079333栗先生

GB/T 16422.1—2019 塑料 实验室光源暴露试验方法 第1部分:总则(ISO 4892-1:2016, IDT)

GB/T 16422.2—2022 塑料 实验室光源暴露试验方法 第2部分:氙弧灯(ISO 4892-2:2013, IDT)

GB/T 16422.3—2022 塑料 实验室光源暴露试验方法 第3部分:荧光紫外灯(ISO 4892-3:2016, IDT)

GB/T 16927.1 高电压试验技术 第1部分:一般定义及试验要求(GB/T 16927.1—2011, IEC 60060-1:2010, MOD)

注:GB/T 16927.1—2011被引用的内容与IEC 60060-1:2010被引用的内容没有技术上的差异。

GB/T 16927.2 高电压试验技术 第2部分:测量系统(GB/T 16927.2—2013, IEC 60060-2:2010, MOD)

注:GB/T 16927.2—2013被引用的内容与IEC 60060-2:2010被引用的内容没有技术上的差异。

GB/T 16927.4 高电压和大电流试验技术 第4部分:试验电流和测量系统的定义和要求(GB/T 16927.4—2014, IEC 62475:2010, MOD)

注:GB/T 16927.4—2014被引用的内容与IEC 62475:2010被引用的内容没有技术上的差异。

GB/T 26218.1—2010 污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第1部分:定义、信息和一般原则(IEC/TS 60815-1:2008, MOD)

注:GB/T 26218.1—2010被引用的内容与IEC/TS 60815-1:2008被引用的内容没有技术上的差异。

JB/T 8177 绝缘子金属附件热镀锌层 通用技术条件

3 术语和定义

GB/T 311.1—2012、GB/T 2900.12—2008、GB/T 2900.19—2022、GB/T 11032—2020 和 GB/T 26218.1—2010 中确立的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

带外串联间隙线路避雷器 externally gapped line arrester; EGLA

安装在架空输电电路上仅保护线路绝缘(包括绝缘子和空气间隙)免受雷电引起的快波前过电压而设计的避雷器。典型的不带支撑件间隙的 EGLA 和带支撑件间隙的 EGLA 结构见图1。

注:提高外串联间隙放电水平是实现将 EGLA 的金属氧化物电阻片与所在电路上由预期操作和故障引起的工频过电压和最不利条件缓波前过电压之间隔离的方法。

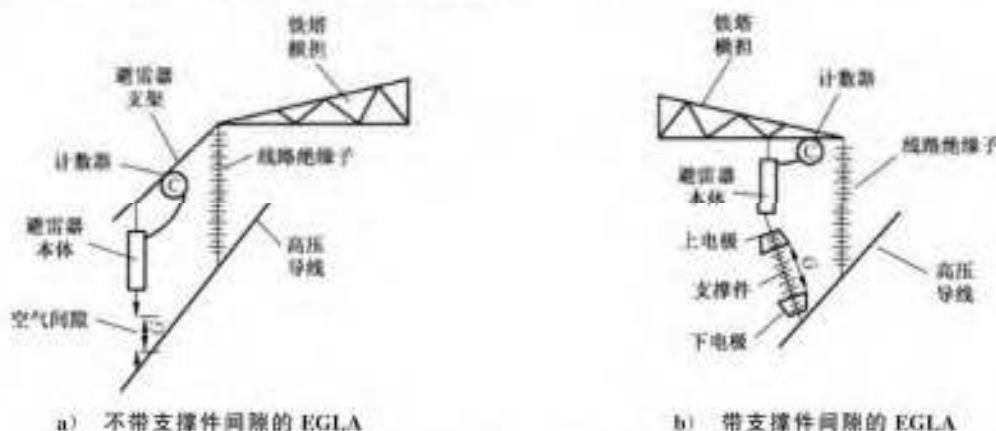


图1 典型的 EGLA 的外形图

3.2

串联非线性电阻元件 series varistor unit;SVU

包含在一个外套内的非线性金属氧化物电阻片部分,必须和一个外串联间隙连接以构成完整的避雷器。

注1:串联非线性电阻元件由一个或多个元件组成。

注2:也称为避雷器本体。

3.3

串联间隙 series gap

与SVU相串联,是避雷器的一部分(以下简称间隙)。

注:间隙分为以下两种形式。

a) 带支撑件间隙:由上下两个金属电极与固定电极用的绝缘支撑件构成。

b) 不带支撑件间隙:由上下两个金属电极构成,间隙为空气绝缘。

3.4

绝缘支撑件 support insulator

用于固定外串联间隙电极,是带支撑件间隙的一部分(以下简称支撑件)。

注:绝缘支撑件材料一般为复合材料。

3.5

EGLA 比例单元 section of an EGLA

一个完整的、组装好的EGLA部件。对某种特定试验,该部件能够代表整只EGLA的特性。

3.6

SVU 比例单元 section of an SVU

一个完整的、组装好的SVU元件的部件。对某种特定试验,该部件能够代表整只SVU的特性。

3.7

SVU 元件 unit of SVU

一个完全封装好的SVU部件,可与其他元件串联和(或)并联,再与外串联间隙相连接,构成更高额定电压和(或)标称放电电流的避雷器。

3.8

EGLA 的额定电压 rated voltage of an EGLA

U_r

能够可靠阻断工频续流的EGLA两端最大工频电压有效值。

3.9

SVU 的参考电压 reference voltage of an SVU

U_{ref}

SVU的工频参考电压和直流参考电压的总称。

3.9.1

SVU 的工频参考电压 AC reference voltage of an SVU

在SVU通过工频参考电流时测出的SVU的工频电压峰值除以 $\sqrt{2}$ 。

注:多元件SVU的工频参考电压是每个元件工频参考电压之和。

3.9.2

SVU 的直流参考电压 DC reference voltage of an SVU

在SVU通过直流参考电流时测出的SVU的直流电压平均值。如果电压与极性有关,取低值。

注:多元件SVU的直流参考电压是每个元件直流参考电压之和。

了解仪器热线13402079333栗先生

3.10

SVU 的参考电流 reference current of an SVU

I_{ref}

SVU 的工频参考电流和直流参考电流的总称。

3.10.1

SVU 的工频参考电流 AC reference current of an SVU

用于确定 SVU 工频参考电压的工频电流阻性分量的峰值,如果电流是非对称的,取两个极性中较高的峰值。

注 1: 工频参考电流要足够大,使杂散电容对所测 SVU 元件的参考电压的影响忽略不计,该值由制造商规定。

注 2: 对单柱 SVU,参考电流值的典型范围为 $0.02 \text{ mA/cm}^2 \sim 1.0 \text{ mA/cm}^2$ 。

3.10.2

SVU 的直流参考电流 DC reference current of an SVU

用于确定 SVU 直流参考电压的直流电流平均值。

注: SVU 直流参考电流通常取 $1 \text{ mA} \sim 5 \text{ mA}$ 。

3.11

SVU 的额定短路电流 rated short-circuit current of an SVU

I_s

SVU 的故障不会引起外套粉碎性爆破,且明火(如果有)在规定的时间内自熄灭的最大短路电流有效值。

3.12

EGLA 的残压 residual voltage of an EGLA

流过放电电流时出现在包括串联间隙和连接金具的 EGLA 全长两端之间的电压峰值。

3.13

SVU 的残压 residual voltage of an SVU

流过放电电流时出现在 SVU 端子间的最大电压峰值。

3.14

SVU 表面漏电流 surface leakage current of an SVU

流过 SVU 表面的电流。

3.15

续流 follow current

I_{follow}

在工频电压下,紧随冲击电压之后流过 EGLA 的电流。

3.16

SVU 的规定长期负荷 specified long-term load of an SVU; SLL

在运行期间,允许连续垂直施加在 SVU 的纵轴上而不引起 SVU 任何机械损伤的机械力。

3.17

SVU 的规定短期负荷 specified short-term load of an SVU; SSL

在运行期间,对于短时间内和相对小概率出现的事件(如短路电流、极端的风力),允许施加的垂直于 SVU 纵轴的不引起 SVU 任何机械损伤的最大机械力。

3.18

SVU 平均破坏负荷 mean breaking load of an SVU; MBL

由试验所确定的瓷外套或树脂浇注外套 SVU 破坏负荷平均值。

3.19

大电流冲击 high current impulse

4/10 冲击波形的放电电流峰值。

3.20

附盐密度 salt deposit density; SDD

S_0 。

沉积在 SVU 外套给定表面(金属部分和胶合材料不计入此表面)上的盐量除以该表面的面积,它通常以 mg/cm^2 表示。

[来源:GB/T 4585—2004,定义 3.8,有修改]

3.21

绝缘配合验证试验 verification test for insulation coordination

验证线路绝缘(包括绝缘子和空气间隙)耐受和 EGLA 保护水平之间配合,用低于并联安装绝缘子串的雷电网络电压,来验证 EGLA 正确放电动作并限制雷电引起的过电压的试验。

3.22

振动耐受试验 vibration withstand test

SVU 和其连接件能够耐受规定机械振动水平的验证试验。

3.23

雷电冲击放电 lightning impulse discharge

冲击电流瞬时值超过 5% 峰值,持续时间在 $250\text{ }\mu\text{s}$ ~ $1000\text{ }\mu\text{s}$ 近似正弦波半波冲击电流。

3.24

额定重复转移电荷 repetitive charge transfer rating

Q_0 。

规定的避雷器最大电荷转移能力,可以由单次或者多次冲击电流产生,通过避雷器转移,并且不会引起电阻片的损坏或者不可接受的电气性能劣化。

注:通过电流对时间的积分(绝对值)来计算电荷值。本文件中,电荷值是由单次冲击电流或者 2 s 内多次冲击电流累积的电荷值,并且接下来能在不少于 60 s 的时间间隔再次承受冲击电流。

3.25

拉伸负荷 tensile load

施加在避雷器纵轴上,方向与避雷器的纵轴一致的拉伸力。

[来源:GB/T 11032—2020,定义 3.80]

4 标志和分类

4.1 EGLA 标志

EGLA 的铭牌上应至少包括以下信息:

- 避雷器型号;
- 额定电压 U_n , kV;
- 额定频率 Hz,仅当频率与标准额定频率(见 5.2)不同时;
- 系列分类信息(如“X1”);
- 额定短路电流 I_n , kA;
- 制造商名或商标;
- 制造日期;
- 编号;

- 雷电冲击放电下额定重复转移电荷 Q_n , C;
 - 间隙距离及偏差范围。
- 当型号包含了 EGLA 相关信息时,可以不重复标识。

4.2 EGLA 分类

EGLA 是按表 1 的标称放电电流和大电流冲击耐受能力来分类。

表 1 EGLA 的分类

单位为千安

分类名称	X1	X2	X3	X4	X5
标称放电电流,8/20	5	5	10	20	30
大电流冲击,4/10	40	55	100	100	100
注 1: X1~X5 对应 GB/T 11032—2020 所用的分类。采用 IEC、IEEE、GB/T 11032—2020 标准所用的 8/20 波形标称放电电流和 4/10 波形大电流冲击。 注 2: 在 IEC 60099-8 中, EGLA 包含“系列 X”和“系列 Y”的分类,“系列 Y”EGLA 对应日本等国的使用情况。对于此类 EGLA,采用 2/20 冲击电流波形作为标称放电电流和大电流冲击的波形,“系列 Y”EGLA 目前在我国并未使用,因此本文件不考虑其技术要求和试验方法。 注 3: 根据运行条件,可采用本表规定之外的其他大电流冲击值。					

5 标准额定值和运行条件

5.1 标准额定电压

额定电压推荐值见表 2。

表 2 额定电压典型推荐值

单位为千安

额定电压范围(有效值)	额定电压级差(有效值)
3~30	1
30~54	3
54~288	6
288~396	12
>396~708	24
注:其他额定电压值也能接受。	

5.2 标准额定频率

标准额定频率是 50 Hz 和 60 Hz。

5.3 标准标称放电电流

标准 8/20 波形标称放电电流为:5 kA,10 kA,20 kA,30 kA。

了解仪器热线13402079333栗先生

5.4 运行条件

5.4.1 正常运行条件

符合本文件的 EGLA 在下述正常运行条件下能正常运行:

- a) 环境温度在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内;
- b) 海拔不超过 $1\,000\text{ m}$;
- c) 交流电源的频率不低于 48 Hz ,不超过 62 Hz ;
- d) 长期施加在 EGLA 端子间的工频电压应不超过其额定电压;
- e) 风速不大于 34 m/s ;
- f) 污秽条件:可以有尘土、烟气、腐蚀性气体、蒸汽或盐的污秽,污秽不超过 GB/T 26218.1—2010 所规定的“重污秽”条件;
- g) 地震烈度 7 度及以下地区;
- h) 覆冰厚度不大于 20 mm 。

5.4.2 异常运行条件

在不同于正常应用和运行条件下,避雷器的设计、制造及使用可能需要特殊考虑。在异常运行条件下,本文件的使用需经供需双方协商。异常运行条件按附录 C。

6 技术要求

6.1 SVU 外套和整只 EGLA 的绝缘耐受

6.1.1 SVU 外套的绝缘耐受

SVU 外套应能耐受雷电冲击电压,试验电压等于标称放电电流下 SVU 残压的 1.4 倍。

6.1.2 SVU 故障时的 EGLA 的绝缘耐受

EGLA 应有下述绝缘耐受能力:

- a) 即使 SVU 因过载(故障)而被短路,EGLA 也应耐受制造商宣称的操作冲击耐受电压;
- b) 即使 SVU 因过载(故障)而被短路,EGLA 应在最长持续时间下耐受最大相对地暂时过电压。

经供需双方同意,对于中性点非有效接地系统,工频电压湿耐受值不应低于系统最高工频过电压的 1.2 倍;对于中性点有效接地系统,工频电压湿耐受值不宜低于系统最高工频过电压,对于 750 kV 及以上电压等级的线路避雷器不应低于系统最高运行电压的 1.1 倍。

6.1.3 SVU 正常时的 EGLA 的绝缘耐受

对 EGLA 应进行标准雷电冲击 50%放电电压试验和工频湿耐受电压试验。对 330 kV 及以上系统用 EGLA 还应进行操作湿耐受试验。典型的工频和操作电压耐受值见附录 E 表 E.3。

6.2 残压

测量残压的目的是获得各种规定的电流和波形下某种给定设计的最大残压。这些残压可从型式试验数据中得到,也可从制造商规定的和公布的例行试验用的雷电冲击电流下的最大残压中得到。

对于任何电流和波形,某种给定的 EGLA 设计的最大残压可通过型式试验时被试的 SVU 比例单元的残压乘以规定的比例系数,再加 SVU、间隙、连接导线上的电感电压降来计算。比例系数等于公布的最大残压(例行试验时已被检验)与在同样电流和波形下比例单元所测残压之比。当无法获取避雷器

的最大残压时,比例系数可以等于制造商宣称的避雷器直流参考电压最大值与比例单元直流参考电压之比。

在标称放电电流下 EGLA 的残压值分别乘以 6.1.1 中的系数,应低于被保护线路绝缘的最小闪络电压。

典型避雷器的残压值应满足表 E.1 要求值。

残压试验中,试品不应有任何击穿、闪络或开裂,电流、电压波形图上不应显示任何击穿的现象。

6.3 大电流负载

SVU 应能耐受 2 次大电流冲击,SVU 大电流冲击耐受值见表 1。

对于标称放电电流 I_{GLA} 的 SVU,应能耐受 1 次大电流冲击的放电动作。

6.4 雷电放电能力

SVU 及串联间隙应具有耐受雷电放电能力。相关的试验已包含了多重雷击的影响。

6.5 SVU 的短路性能

制造商应宣称 SVU 的额定短路电流值。该额定短路电流值应不引起 SVU 粉碎性爆破,且明火应在规定的时间内自熄灭。

与 SVU 串联的间隙不承受短路试验,其短路特性推荐单独验证。在 EGLA 承受了额定短路电流后,间隙宜能够保持结构完整性,且其放电电压不宜减小。

6.5 机械性能

6.5.1 通用要求

对安装在输电杆塔上的 EGLA,应验证其机械性能可承受由风压引起的拉伸、弯曲和/或振动载荷,以及安装过程中引起的导体振动异常负荷和潮气进入。

拉伸和弯曲负荷的施加值应由供需双方确定。

SVU 应能耐受运行期间的预期振动负荷。

包括间隙元件和安装件的完整 EGLA 应能耐受至少同样的机械力。

6.5.2 额定拉伸负荷

悬挂安装的 EGLA 主要承受自身重力,应进行拉伸负荷试验,额定拉伸负荷至少为 EGLA 自重的 15 倍。

对于座式安装的不带支撑件间隙的 EGLA,可不进行拉伸负荷试验考核。承受拉伸负荷的带支撑件间隙的 EGLA 应通过拉伸负荷试验考核。

6.5.3 额定弯曲负荷

当 EGLA 承受弯曲负荷时,应进行弯曲负荷试验。EGLA 的弯曲负荷至少为 2.5 倍的最大风压力。

不带支撑件间隙的 EGLA 一般采用低压端悬挂在金具或安装在支架上,且避雷器本体在安装点不能自由转动,应通过弯曲负荷试验的考核。

6.5.4 振动负荷

对不带支撑件间隙的 EGLA,SVU 应能耐受运行期间预期的振动负荷,振动试验方法按照附录 D。

注：由供需双方决定是否进行振动试验。

6.7 SVU 的气候老化

SVU 应能满足运行环境条件的要求。环境试验通过加速试验程序来考核 SVU 的密封系统和外露金属连接件不被环境条件所损害。对于聚合物外套(复合和树脂浇铸)的 SVU,还应验证耐受紫外线(UV)的能力。

6.8 SVU 的参考电压

6.8.1 通则

在参考电流下测量 SVU 比例单元或元件的参考电压(U_{ref})。测量应在环境温度 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ K}$ 下进行。

6.8.2 SVU 的工频参考电压

应在制造商规定的工频参考电流下测量 SVU(或 SVU 元件)的工频参考电压,其值应不小于制造商规定的最小工频参考电压值,并应在制造商的资料中公布。

6.8.3 SVU 的直流参考电压

应在规定的直流参考电流下测量 SVU(或 SVU 元件)的直流参考电压,其值应不小于附录 E 的规定,并应在制造商的资料中公布。

6.9 内部局部放电

SVU 的内部局部放电量不应超过 10 pC 。

6.10 绝缘配合

线路绝缘(绝缘子和空气间隙)的闪络特性与 EGLA 的波前冲击放电电压、标准雷电冲击的放电电压、标称放电电流下残压之间的正确配合应予以考核。在可以确认 EGLA 以及被保护绝缘子产品的情况下,考核方式按照附录 F 进行。

对雷电冲击电压的任何放电动作应发生在 EGLA 的外串间隙里,而不引起被保护线路绝缘(包括绝缘子和空气间隙)的任何闪络。

标称放电电流下残压的 1.4 倍应低于 $U_{50\text{-}kV\text{绝缘}}(1-X \times \sigma)$,其中 $\sigma=0.03$, X 是制造商和用户一致同意的参数,推荐值为 $X=2.5$ 。

6.11 续流遮断

EGLA 在湿和污秽条件下应具有续流遮断能力。在额定电压下,EGLA 的放电动作续流应在工频电压第一个半波内遮断。

6.12 电磁兼容

避雷器对电磁干扰不敏感,无需进行抗干扰试验。

在正常工作条件下,EGLA 不应发射明显的干扰。在 1.05 倍最大持续相对地系统电压($U_n/\sqrt{3}$)下 EGLA 的最大无线电干扰水平应不超过 $2\,500\text{ }\mu\text{V}$,且不应有可见电晕。

对于使用在 $U_n \geq 72.5\text{ kV}$ 系统中的 EGLA 应进行无线电干扰电压试验和可见电晕试验。

6.13 寿命的终结

根据用户的要求,按照国际和国家法律规定,制造商应给出所有避雷器部件报废和(或)循环利用的足够的信息。

6.14 SVU 的 0.75 倍直流参考电压下漏电流

SVU 的 0.75 倍直流参考电压下漏电流一般不超过 $50\ \mu\text{A}$ 。多柱并联和额定电压 216 kV 以上的避雷器漏电流由制造商和用户协商规定。

6.15 SVU 复合外套及支撑件外观要求

复合外套和支撑件(如果有)表面单个缺陷面积(如缺胶,杂质,凸起等)不应超过 $25\ \text{mm}^2$,深度不大于 1 mm,凸起表面与合缝应清理平整,凸起高度不应超过 0.8 mm,粘接缝凸起高度不应超过 1.2 mm,总缺陷面积不应超过复合外套总表面 0.2%。

6.16 SVU 的密封性能

SVU 应有可靠的密封。在 SVU 寿命期间内,不应因密封不良而影响 SVU 的运行性能。对于具有密封的气体容积和具有独立的密封系统的 SVU,其密封泄漏率应符合 8.14 的规定。

6.17 ECLA 冲击伏秒特性

ECLA 冲击伏秒特性曲线应比被保护的线路标准线路绝缘(包括绝缘子和空气间隙)的冲击伏秒特性曲线至少低 10%。制造商应提供 ECLA 冲击伏秒特性曲线(放电时间为 $1\ \mu\text{s}\sim 10\ \mu\text{s}$)。

6.18 耐污性能

避雷器应具有一定的耐污闪能力。

避雷器本体和支撑件(如有)的最小统一爬电比距应分别不小于 27.8 mm/kV。

6.19 间隙距离检查

制造商应明确宣称 ECLA 的间隙尺寸及其公差范围。

出厂时,应检查每只带间隙避雷器的串联间隙的间隙尺寸,以保证 ECLA 的放电特性。

对于需要现场安装后才能确定的间隙尺寸,应明确安装要求,并确保间隙尺寸在所宣称的范围内。

6.20 绝缘支撑件检查

6.20.1 通用要求

绝缘支撑件的电气性能、机械性能等相关性能均应满足 ECLA 在使用环境下和本文件试验的要求。

注:本文件中,仅考虑绝缘支撑件与 ECLA 使用相关的部分性能。

6.20.2 支撑件工频耐受电压试验

支撑件应进行工频耐受电压试验,试验电压值由制造商根据相应产品串联间隙耐受电压试验值来确定,试验电压值应保证至少高于串联间隙(不带避雷器本体)耐受电压试验值的 1.1 倍,以保证支撑件在运行中不发生击穿或者闪络。

了解仪器热线13402079333栗先生

6.20.3 支撑件陡波冲击电压试验

支撑件应进行正、负极性各 5 次的陡波冲击电压试验,每次击穿应在电极间的试品外部闪络而不击穿。冲击电压陡度为 $1\,000\text{ kV}/\mu\text{s}\sim 1\,500\text{ kV}/\mu\text{s}$ 。

6.21 金具镀锌检查

线路避雷器所有镀锌件,应符合 GB/T 18777 的规定。

6.22 EGLA 的包装、运输和保管

EGLA 的包装、运输和保管见附录 G。

7 试验要求

7.1 测量设备及准确度

对于电压、电流测量设备应满足 GB/T 16927.2 和 GB/T 16927.4 的要求,其准确度应符合有关试验条款要求。

除另有规定外,所有工频电压试验的交流电压频率在 48 Hz 和 62 Hz 之间,且近似于正弦波。

7.2 试验样品

除另有规定,对每个试验项目,完整试验顺序应在同样试品上完成。试品数量见表 3。试品应是新的、干净的、装配完整的并按照模拟运行条件布置。

当试验在比例单元上或元件上进行时,应满足以下条件。

- 整只 EGLA 的额定电压与比例单元的额定电压比定义为 n 。
- 试品中所用电阻片的体积应不大于整只 EGLA 所用的全部电阻片中的最小体积除以 n 。
被试比例单元的 SVU 的参考电压等于 EGLA 的 SVU 的最小参考电压除以 n 。如果被试比例单元 SVU 的参考电压大于整只 EGLA 的 SVU 的最小参考电压除以 n ,系数 n 应相应减小。如果被试比例单元的 SVU 的参考电压小于整只 EGLA 的 SVU 的最小参考电压除以 n ,则不准许使用被试比例单元。
- EGLA 比例单元的负极性 50%雷电冲击放电电压不大于制造商宣称的 EGLA 最小间隙距离时的负极性 50%雷电冲击放电电压除以 n ,且 U_0 应不小于 90 kV。

注:典型的 EGLA 雷电冲击 50%放电电压见附录 H。

试品的系数 n 应记录在试验报告中。

8 型式试验

8.1 通用要求

表 3 确认的型式试验应在完整的 EGLA 或 SVU 元件或比例单元上进行。

新产品投产前应进行型式试验。当设计或工艺有所变更对产品性能有影响时,应对有关项目进行试验。

表 3 型式试验

序号	试验项目	试验依据	试验方法	试品及数量	
				不带支撑件间隙的 EGLA	带支撑件间隙的 EGLA
1	绝缘耐受试验 1.1 外套的绝缘耐受试验 1.2 本体故障后绝缘耐受试验 ^a	6.1.1 6.1.2	8.2	1 只 SVU 外套 1 只 EGLA	1 只 SVU 外套 1 只 EGLA
2	残压试验	6.2	8.3	3 只 SVU 比例单元或 3 只 SVU	3 只 SVU 比例单元或 3 只 SVU
3	放电电压试验 3.1 雷电冲击放电电压试验 3.2 工频电压耐受试验	6.3.3	8.4	1 只 EGLA	1 只 EGLA
4	大电流冲击耐受试验	6.3	8.5	3 只 SVU 比例单元或 3 只 SVU	3 只 SVU 比例单元或 3 只 SVU
5	重复转移电荷试验	6.4	8.6	按要求	按要求
6	短路试验	6.5	8.7	4 只 SVU 或 SVU 元件	4 只 SVU 或 SVU 元件
7	工频续流遮断试验	6.11	8.8	1 只 EGLA 或比例单元	1 只 EGLA 或比例单元
8	机械负荷试验 ^b	6.6	8.9	按方法要求	按方法要求
9	气候老化试验	6.7	8.10	按方法要求	按方法要求
10	外观检查	6.15	8.11	1 只 EGLA	1 只 EGLA
11	参考电压试验： 工频参考电压试验 直流参考电压试验	6.12 6.13	8.12	1 只 SVU	1 只 SVU
12	0.75 倍直流参考电压下漏电流试验	6.14	8.13	1 只 SVU	1 只 SVU
13	密封试验	6.16	8.14	1 只 SVU	1 只 SVU
14	局部放电试验	6.9	8.15	1 只 SVU	1 只 SVU
15	雷电冲击伏秒特性试验	6.17	8.16	1 只 EGLA	1 只 EGLA
16	无线电干扰电压 ^c	6.12	8.17	1 只 EGLA	1 只 EGLA
17	可见电晕试验 ^c	6.12	8.18	1 只 EGLA	1 只 EGLA
18	操作冲击耐受电压试验 ^a	6.3.3	8.19	1 只 EGLA	1 只 EGLA
19	统一爬电比距检查	6.18	8.20	1 只 EGLA	1 只 EGLA
20	间隙距离检查	6.19	8.21	不适用	1 只 EGLA
21	支撑件工频耐受电压试验	6.20.2	8.22	不适用	1 只支撑件
22	支撑件陡波冲击电压试验	6.20.3	8.23	不适用	1 只支撑件

注：序号 10~14、16~17、19~20 项试验为同一试品。

^a 对系统标称电压 330 kV 以下系统中使用的 EGLA，不进行 8.2.3.2 操作冲击耐受电压试验和 8.19 的操作冲击耐受电压试验。

^b 悬挂安装的带支撑件间隙的 EGLA 进行拉伸试验；不带支撑件间隙的 EGLA 进行抗弯试验。

^c 对于使用在 $U_m \geq 72.5$ kV 系统中的 EGLA 进行无线电干扰电压试验和可见电晕试验。

了解仪器热线13402079333栗先生

8.2 绝缘耐受试验

8.2.1 概述

这些试验考核干燥条件下 SVU 外套的雷电冲击耐受能力,以及在湿润条件下当 SVU 故障并被短路时 EGLA 承受系统最大预期操作冲击和工频过电压的耐受电压能力。

8.2.2 外套的绝缘耐受试验

8.2.2.1 试验目的

本试验用来验证 SVU 外套承受雷电冲击电压的绝缘耐受能力。

8.2.2.2 试验程序

与 GB/T 11032—2020 的 8.2.6 相同,SVU 外套应承受标准雷电冲击电压干试验。

试品:试验应在单位长度上比电压最大的 SVU 外套上进行。应拆除非线性金属氧化物电阻片或用绝缘材料件替代。

在试验电压值下,对每一极性施加 15 次连续冲击。

试验电压应不小于避雷器在标称放电电流下的最大残压的 1.4 倍。标称放电电流按照表 1。

如果干弧距离或局部干弧距离之和大于试验电压除以 5 kV/m,则应要求做干试验。

在每种极性下连续施加 15 次的冲击试验电压,如果内部没有发生闪络,且在每一系列的 15 次冲击中外部闪络不超过 2 次,则认为试验通过。

8.2.3 本体故障后绝缘耐受试验

8.2.3.1 试验目的

试验目的是考核 SVU 因故障而被短路的最坏条件下能耐受所宣称的最大操作冲击和工频过电压。

8.2.3.2 操作冲击湿耐受电压试验

试验程序如下:

试品:EGLA 的 SVU 短路故障可用一个金属线将 SVU 短路来模拟,同时电极状况应满足供需双方的规定。试验最小外串间隙长度由制造商规定。

试验电压和试验条件如下。

a) 考虑到线路预期的操作冲击过电压水平,耐受电压值由制造商宣称或供需双方协商确定。在确定试验电压时,应考虑实际安装的海拔与实验室海拔对试验的影响。

b) 在短路 SVU 的 EGLA 上,按照 GB/T 16927.1 用升降法对每个极性测量 50% 闪络电压 ($U_{50,EGLA}$)。试验电压波形是 250/2 500。

c) 淋雨特性应按照 GB/T 16927.1 的要求。

判据:EGLA 的耐受电压按式 (1) 计算

$$U_{10,EGLA} = U_{50,EGLA} (1 - 1.3\sigma) \quad \dots\dots\dots (1)$$

50% 闪络电压为测量值,标准偏差为 σ 并假定操作冲击电压的 σ 为 6% ($\sigma = 0.06$)。如果耐受值等于或高于宣称值或协商值,则 EGLA 通过了试验。

注:对于正态分布,这里所假设的 10% 的概率值由 50% 概率值减去 1.3 倍的标准偏差得到。

8.2.3.3 工频湿耐受电压试验

试验程序如下:

试品: EGLA 的 SVU 短路故障可用一个金属线将 SVU 短路来模拟。试验最小外串间隙长度和间隙电极的状态由制造商或供需双方规定。

试验电压和试验条件如下。

a) 按照 GB/T 16927.1 工频湿耐受电压试验在短路 SVU 的 EGLA 上进行。

b) 试验电压按照表 E.3 中的电压值。

注: 经供需双方同意, 试验电压可以是 1.2 倍 EGLA 额定电压。

c) 淋雨特性符合 GB/T 16927.1 的要求。

判据: 如果试品耐受试验电压 1 min, 则 EGLA 通过了试验。

8.3 残压试验

8.3.1 通则

试验是为考核 SVU 在雷电冲击下的残压是否符合宣称值。所有的残压试验在同样 3 个试品上进行。放电之间的时间应允许样品冷却到接近环境温度。当试品为比例单元时, SVU 的残压值是由所测量比例单元的残压乘以一个比例系数。

由于“系列 X”避雷器不必考虑电感电压降, 因此 SVU 的残压和 EGLA 的残压可以看成一致的。

8.3.2 试品

试品应是残压试验比例单元或 SVU。

用于残压试验的比例单元, 可以是一个完整的 SVU 元件, 也可以是在空气中的多个串联电阻片或单个电阻片。

8.3.3 雷电冲击残压试验

应对 3 只试品的每 1 只试品施加 5 次 1.2/50 μ s 雷电冲击电压, 其幅值分别为 0.5 倍、1 倍和 2 倍 (偏差 $\pm 5\%$)。8/20 μ s 雷电冲击电压峰值应在 0.5 倍、1 倍和 2 倍之间, 而放电时间 (无严格要求) 可有任意偏差。

确定的残压最大值绘制成残压与放电电流曲线。

如果整只 SVU 例行试验采用在标称放电电流下测量整只 SVU 残压的方法不能进行, 则可补充进行电流在 0.01 倍~0.25 倍的标称放电电流范围内某一电流下的试验, 以便与整只 SVU 进行比较。

8.4 放电电压试验

8.4.1 雷电冲击放电电压试验

试验的目的是确定雷电冲击电压下 EGLA 的 50% 放电电压。

试品是规定设计的具有最大间隙距离的 EGLA, 不包括被保护的绝缘子串。

试验波形是 1.2/50, 50% 放电电压 ($U_{50, \text{EGLA}}$) 按照 GB/T 16927.1 的升降法来确定。

供需双方应充分考虑 EGLA 闪络电压与被保护线路绝缘闪络电压之间的裕度, 如果供需双方同意, 可由 $U_{50, \text{EGLA}}$ 加上 X 倍标准偏差 $U_{50, \text{EGLA}}(1 + X \times \sigma)$ 不高于被保护线路绝缘的 $U_{50, \text{线路绝缘}}$ 减去 X 倍标准偏差 $U_{50, \text{线路绝缘}}(1 - X \times \sigma)$ 来得到。 X 值由供需双方协商, 典型值是 2.5。标准偏差 (σ) 对 1.2/50 冲击是 3%。

采用正负极性的雷电冲击电压进行试验, 经供需双方同意, 也可只采用正极性的雷电冲击电压进行

试验,但应注意 EGLA 放电间隙形状、距离等因素可能造成的负极性 50% 放电电压低于正极性 50% 放电电压的情况。

如果无法通过设计资料或试验获取被保护线路绝缘的闪络电压值,可采用实际线路中使用的绝缘子或最小空气间隙估算被保护线路绝缘的闪络电压。但在投入使用前,应校核 EGLA 的放电电压值是否满足使用要求。一种以盘形悬式绝缘子数量和空气间隙距离为条件计算的线路避雷器 50% 放电电压推荐值见表 F.1。

注:试验期间的经验表明,紧邻的绝缘子串会影响 EGLA 的放电电压。

8.4.2 工频电压耐受试验

应对 EGLA 进行淋雨环境下的工频电压耐受试验。

试验电压是表 E.3 中的电压值。

试品是规定设计的具有最小间隙距离的 EGLA,不包括绝缘子串。

试验方法应符合 GB/T 16927.1 的规定。

8.5 大电流冲击耐受试验

8.5.1 试品的选择

试品应是介电特性比例单元或 SVU 或 SVU 元件。比例单元的额定电压应不低于 3 kV。经供需双方同意,介电特性比例单元的工频参考电压可以不低于 13 kV。

介电特性比例单元应满足下列要求:比例单元在截面尺寸、材料等方面应是 SVU 的复制。其应包含机械支撑结构,以及在避雷器中分布安装的部件(如支撑件和垫片),芯体周围应有与避雷器内部相同的介质。介电特性比例单元也可以是 SVU 或 SVU 元件。在试验报告中应附有介电特性比例单元的结构图。

介电特性比例单元应为制造商宣称的标称放电电流下残压最高者。为符合这些规定,应满足以下要求。

- 整只 SVU 与比例单元在标称放电电流下的残压之比定义为 n ,用于试品电阻片的体积应不大于所有整只 SVU 电阻片的最小体积除以 n 。
- SVU 比例单元的参考电压 U_m 应等于 EGLA 的 SVU 的最小参考电压除以 n 。如果 SVU 比例单元的参考电压大于整只 EGLA 的 SVU 最小参考电压,因数 n 将相应地减少,如果 SVU 比例单元的参考电压小于整只 EGLA 的 SVU 最小参考电压除以 n ,这种比例单元将不允许使用。

8.5.2 试验程序

试验应在 3 只试品上进行。应对试品施加 2 次或 3 次同样极性的大电流冲击,电流峰值按照表 1 规定,施加冲击的间隔时间应使试品冷却到环境温度。

4/10 波形调整范围如下:

- 电流峰值为规定值的 90%~110%;
- 视在波前时间为 3.5 μ s~4.5 μ s;
- 视在半峰值时间为 9 μ s~11 μ s;
- 任何反极性电流波的振荡峰值应小于电流峰值的 20%;
- 允许冲击波上有小振荡,但其峰值应小于峰值的 5%。为了测量,可以用一条平均曲线确定峰值。

了解仪器热线13402079333栗先生

8.5.3 试验判定

如果满足下列条件,则试验通过:

- a) 试验前后工频参考电压变化率在 $(-10\% \sim +10\%)$ 内;
- b) 试验前后测量的标称放电电流变化率在 $(-5\% \sim +5\%)$ 内;
- c) 试验后试品外观检查,试品上应无击穿、闪络、开裂或其他明显损害的痕迹。

如果金属氧化物电阻片不能从试品中取出进行外观检查,应进行下面附加的试验以确保试验中没有损坏发生。在残压试验 b) 后,对试品施加 2 次标称放电电流冲击。第一次冲击应在试品有足够时间冷却到环境温度后施加。第二次冲击在第一次冲击后 50 s~60 s 施加。两次冲击期间,电压和电流的示波图都不显示任何击穿,试验前最初测量与试验后两次冲击最后之间的残压差异应不超过 $-2\% \sim +5\%$ 的范围。

8.6 重复转移电荷试验

8.6.1 通则

试验的目的是验证避雷器的额定重复转移电荷 Q_n 能力。

重复转移电荷能力是指避雷器的电阻片能耐受 20 次冲击电流,而没有引起电阻片的损坏或者不可接受的电气性能劣化。一次冲击电流应力代表发生在实际系统的一次转移电荷事件。

重复转移电荷是与某种非常低的故障概率有关,因此不是确定性的,而是一个统计值。该试验是在电阻片上进行,试验电荷值为从 8.6.5 所列电荷值中选择的额定值的 1.1 倍~1.2 倍。基于试验要求和选择的统计方法,通过这种方法可以认为个别电阻片的性能可以代表由这批电阻片组装的整只避雷器的性能。

为了更好地比较不同的电阻片,选择电荷量作为试验依据。

本试验中的冲击电流波形应近似正弦半波,其冲击电流瞬时值超过 5% 峰值的持续时间在 200 μ s~230 μ s。任何反极性电流波的峰值应小于电流峰值的 5%。

根据 8.6.2 选择 10 只电阻片试品进行第 1 试验序列,如果电阻片不合格的数量不超过 1 只,则试验通过。如果电阻片不合格的数量有 2 只,则再选择 10 只试品进行第 2 个试验序列(与第 1 个试验序列相同),如果在第 2 个试验序列中的电阻片全部合格,则试验通过。如果在第 1 个试验序列中电阻片不合格数量超过 2 只或第 2 个试验序列中有不合格的电阻片,则试验不通过。

经供需双方协商,可根据 8.6.2 选择 3 只 SVU 或 SVU 元件或介电特性比例单元进行试验,3 只试品均应耐受 20 次冲击电流,否则试验不通过。

当避雷器的外串联间隙距离小于或等于 20 cm 时,需要进行串联间隙的重复转移电荷试验,试验程序按附录 I。

8.6.2 试品的选择

试品应是金属氧化物电阻片,试品除了为评估本试验而进行必要的试验之外没有进行过任何预先的试验。

经供需双方同意选择介电特性比例单元进行试验时,比例单元在截面尺寸、材料等方面应是 SVU 的复制。其应包含机械支撑结构,以及在避雷器中分布安装的部件(如支撑件和垫片),芯体周围应有与避雷器内部相同的介质。介电特性比例单元也可以是 SVU 或 SVU 元件。在试验报告中应附有介电特性比例单元的结构图。经供需双方同意,介电特性比例单元的工频参考电压可以不小于 13 kV。

重复转移电荷试验选择的试品应为制造商宣称的标称放电电流下残压最高者。此外,对多柱避雷器,应考虑不均匀电流分布的最大值。为符合这些规定,应满足以下要求。

- a) 整只 SVU 在标称放电电流下残压与比例单元在标称放电电流下残压之比定义为 n 。用于试品电阻片的体积应不大于所有整只 SVU 电阻片的最小体积除以 n 。
- b) SVU 比例单元的参考电压 U_{ref} 应等于 EGLA 的 SVU 最小参考电压除以 n 。如果 SVU 比例单元的参考电压大于整只 EGLA 的 SVU 的最小参考电压, 因数 n 将相应地减少, 如果 SVU 比例单元的参考电压小于整只 EGLA 的 SVU 的最小参考电压除以 n , 这种比例单元将不允许使用。
- c) 重复转移电荷试验的试品应是设计使用的该规格电阻片高度最高的, 并且在 I_{sc} 下的残压和电阻片高度比值不小于 $0.97 \times (U_{Isc}/\text{电阻片高度})_{\text{最大值}}$, 其中 $(U_{Isc}/\text{电阻片高度})_{\text{最大值}}$ 是指制造商规定使用在避雷器中电阻片的 I_{sc} 下残压与其电阻片高度的比值的最大值。如果采用小于 $0.97 \times (U_{Isc}/\text{电阻片高度})_{\text{最大值}}$ 的试品, 试验时应乘以系数 $(U_{Isc}/\text{电阻片高度})_{\text{最大值}}/(U_{Isc}/\text{电阻片高度})_{\text{实际值}}$, 来增加试验时应施加的重复转移电荷值。

8.6.3 试验程序

试验程序见图 2。

初始试验
● 标称放电电流下的残压试验。 ● 工频参考电压试验。
试品为电阻片:
● 第 1 试验序列, 每只试品耐受 20 次冲击电流 (10 只试品)。 ● 如果在第 1 试验序列中不合格的试品数不超过 1 只, 试验通过。 ● 如果在第 1 试验序列中不合格的试品数超过 1 只, 则在第 2 试验序列中, 每只试品耐受 20 次冲击电流。 ● 如果在第 1 试验序列中不合格的试品超过 3 只, 或在第 2 试验序列中有不合格试品, 试验不通过。
试品为 SVU 或 SVU 元件或介电特性比例单元:
● 3 只试品均应耐受 20 次冲击电流, 否则试验不通过。
试验评价:
● 检查试品, 没有机械损坏。 ● 工频参考电压的变化不超过 $\pm 5\%$。 ● 标称放电电流下的残压变化不超过 $\pm 5\%$。 ● 进行一次峰值电流密度不小于 0.5 kA/cm^2 的 $I_{sc}/20$ 冲击电流或 2 倍标称放电电流冲击耐受 (取低值)。

图 2 重复转移电荷试验程序

在第 1 试验序列中, 应有 10 只试品进行试验, 根据试验结果, 可能会增加 10 只试品进行第 2 试验序列的试验。

试验过程应按下列顺序进行。

- a) 试验前后应对每只试品进行标称放电电流残压试验和工频参考电压试验。
- b) 应对每只试品进行 20 次冲击电流耐受, 共分为 10 组, 每组 2 次, 2 次冲击电流间隔时间为 $50 \text{ s} \sim 60 \text{ s}$, 2 组之间的间隔时间应能够使试品冷却到环境温度, 20 次冲击电流应为相同极性。
- c) 冲击电流的波形和持续时间应满足 8.6.1 的要求。
- d) 试品为电阻片时, 每次冲击的电荷量不小于 1.1 倍的额定重复转移电荷。试品为 SVU 或 SVU 元件或介电特性比例单元时, 每次冲击的电荷量不小于额定重复转移电荷。

注: 认为至少 1.1 倍的额定电荷值的试验要求, 对于用单个电阻片的性能代表用这批电阻片组装的整只避雷器的性能, 是有足够的可信度。

8.6.4 试验评价

满足下列任何 1 条, 则试验通过:

- 在第1试验序列中,不合格的试品不超过1只;
- 在两个试验序列中,不合格的试品不超过2只;
- 如果采用 SVU 或 SVU 元件或介电特性比例单元进行试验,3只试品均应耐受20次冲击电流,否则试验不通过。

注1:如果在第1序列期间,不合格试品仅有1只,在最不利的情况下,恰好是施加第1次冲击,在施加180次冲击期间没有不合格,得出整个试验的最大不合格概率为 $1/181=0.0055$ 或 0.56%。如果在第1序列期间,有2只不合格试品,再次在最不利的情况下,恰好是第2只试品的第1次冲击,在两个序列施加360次冲击期间没有不合格,得出整个试验的最大不合格概率为 $2/362=0.0055$ 或 0.56%。

如果满足下列所有条件,则认为试品耐受完整系列的冲击电流:

- 没有机械损伤的迹象(击穿、闪络或开裂);
- 试验前后(在相同温度 $\pm 3\text{ K}$ 下测量),参考电压的变化不超过 $\pm 5\%$;
- 试验前后,标称放电电流下的残压变化不超过 $\pm 5\%$;
- 进行一次峰值电流密度不小于 0.5 kA/cm^2 的 8/20 冲击电流或2倍标称放电电流冲击耐受(取低值),没有机械损伤。

注2:如果上述判据满足,金属电极的烧蚀或电弧灼伤现象不认为是机械损伤。

8.6.5 额定重复转移电荷值

下列值是标准的额定电荷值,单位为库仑(C)。

0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.6, 0.8, 1, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2, 2.4, 2.8, 3.2, 3.6, 4。

当有更高的电荷量要求时,级差为 0.4 C。

8.7 短路试验

8.7.1 通则

制造商应宣称的 SVU 额定短路电流值,按照本条款进行短路试验。试验应表明 SVU 的故障不会导致 SVU 外套粉碎性爆破,并且使发生的明火(如有的话)在规定的时间内自动熄灭。每种 SVU 需进行4个短路电流值的短路试验。如果 SVU 装配了其他装置以代替常规压力释放装置,试验时应包括该装置。

短路试验电流的频率应在 48 Hz 和 62 Hz 之间。

关系到避雷器的短路电流特性,区分两种 SVU 设计是非常重要的。

- “设计 A” SVU 是一种沿 SVU 元件的整个长度都有气体释放通道的设计,并且内部气体容积 $\geq$ 除内部功能元件外剩余内部容积的 50%。
- “设计 B” SVU 是一种没有封闭气体的实心设计,或者内部气体容积 $<$ 除内部功能元件外剩余内部容积的 50%。

注1:通常来说,“设计 A” SVU 是指瓷外套 SVU;或者用带压力释放装置的复合空心绝缘子装配的复合外套 SVU;或者在复合外套上预制薄弱点制造的 SVU,在规定的压力下破裂或者弹开以降低内部压力。

注2:通常来说,“设计 B” SVU 没有任何压力释放装置,是没有封闭气体容积的实心类型。如果电阻片发生电气故障,SVU 内部产生电弧。该电弧引起严重气化并且可能引起 SVU 外套和(或)内部材料烧毁。这种 SVU 的短路特性取决于它本身对由于电弧的影响发生外套破裂或撕开的控制能力,以避免剧烈爆破。

注3:“功能元件”指非线性金属氧化物电阻片和与之直接串联的任何金属垫块。

根据 SVU 类型和试验电压,对于试品数量、短路电流触发和第一个短路电流峰值有不同的要求。表5给出了这些要求的摘要,并会在下列条款中进一步说明。

8.7.2 试品准备

8.7.2.1 通则

大电流试验时,对于每个不同的 SVU 设计,试品应是具有最高额定电压和最长的 SVU 单元。

小电流试验时,对于每个不同的 SVU 设计,试品应是具有最高额定电压任何长度的 SVU 单元。

图 3 所示为不同 SVU 单元的例子。

如果要求使用熔丝,熔丝的材料和尺寸的选择应使熔丝在短路电流开始后第一个相位角为 30° 内熔化。

为使熔丝在规定的时间内熔化以及点燃电弧创造合适的条件,通常推荐采用低电阻材料(例如铜、铝或银)的熔丝,其直径为 $0.2\text{ mm} \sim 0.5\text{ mm}$ 。大一些截面积的熔丝适合避雷器进行大电流短路电流试验。当电流触发有问题时,可以采用大直径的熔丝但直径不能超过 1.5 mm ,这样可以帮助电弧的形成。在这种情况下,特别的熔丝或许有用,该熔丝沿 SVU 大部分长度上具有较大的横截面积,在 SVU 中有一段短的小截面。

8.7.2.2 “设计 A” SVU

试品应以使用熔丝来导通短路电流的方式准备。熔丝应沿着并紧贴电阻片表面,同时设置在气体通道内或者尽可能靠近气体通道。试验中熔丝的实际位置在报告中应注明。

在试品的准备上,瓷外套和复合外套没有什么不同。然而在试验程序上有些不同(见 8.7.4.2)。在这种情况下,带有同瓷一样脆的非瓷制复合伞裙以及其他空心绝缘子的“设计 A” SVU 应考虑按瓷外套 SVU 进行试验。

8.7.2.3 “设计 B” SVU

8.7.2.3.1 通用要求

带有同瓷一样脆的由其他非瓷质机械支撑结构制成的带有聚合物伞裙的“设计 B” SVU,应按瓷外套 SVU 进行试验。

8.7.2.3.2 复合外套 SVU

没有必要特殊准备,应用标准 SVU 单元。SVU 单元用工频过电压进行电气的预故障。过电压应施加在完整的 SVU 装配单元上。在预故障击穿和实际短路电流试验之间单元不应有任何物理改变。

制造商提供的过电压应超过参考电压。该电压应使 SVU 在 $5\text{ min} \pm 3\text{ min}$ 内发生故障。当电阻片两端的电压降到初始施加电压的 10% 之下时,可视为电阻片故障。预故障试验回路的短路电流不应超过 30 A 。

预故障试验和额定短路电流试验之间的时间应不超过 15 min 。

试品通过使用电压源方法或电流源方法来达到预故障。

电压源方法:典型的初始电流应在 $5\text{ mA/cm}^2 \sim 10\text{ mA/cm}^2$ 范围内。典型的电源短路电流应在 $1\text{ A} \sim 30\text{ A}$ 之间。为在规定时间内使电阻片故障,可进行必要小的调整,初始设置后,电压源不需要调整。

电流源方法:通常 15 mA/cm^2 左右且波动为 $\pm 50\%$ 的电流密度可在规定范围内使电阻片故障。典型的电源短路电流应在 $10\text{ A} \sim 30\text{ A}$ 之间。初始设置后,电流源不需要调整,为在规定的时间内使电阻片故障,可能需要进行小范围的调整。

8.7.2.3.3 瓷外套 SVU

试品应以使用熔丝来导通短路电流的方式准备。熔丝应沿着并紧贴电阻片表面,并且尽可能地远

了解仪器热线13402079333栗先生

离气体通道设置。应将所有的内部功能元件进行短路。试验中熔丝的实际位置在报告中应注明。

8.7.3 试品安装

被试 SVU 单元按照图 4a) 和图 4b) 的安装布置可直接安装在底座上或按照制造商的安装推荐悬挂安装。试验安装的选择由制造商决定。对于悬式安装的 SVU 的底部应与圆形围栏的上沿等高。

对于座式安装的 SVU, 安装布置见图 4a) 和图 4b)。从绝缘平台和导线到地的距离应按图 4a) 和图 4b) 所示。

对于非座式安装的 SVU (例如, 杆塔安装的 SVU), 试品应按典型的真实运行安装方式, 使用安装支架及金属构件安装在非金属的杆塔上。以试验为目的, 安装支架应认为是 SVU 基座的一部分。如果上述情况与制造商的使用说明书不同, SVU 应按照制造商推荐的安装方法。基座和电流传感器之间的全部导线应有至少 1 000 V 的绝缘强度。试品的顶端应装配同 SVU 设计一样的基座装置或顶盖。

对于座式安装 SVU, 试品的底部部件应安装在同环形或方形围栏等高的试验台上。试验台应为绝缘材料或者当试验台的表面尺寸小于避雷器底部部件时可采用导电材料。试验台和围栏应安装在绝缘平台的顶部, 如图 4a) 和图 4b) 所示。对于非座式安装 SVU, SVU 的底部采用同样的要求。顶部盖板 and 除 SVU 基座以外的任何其他金属物体之间的绝缘距离应至少为 SVU 总高度的 1/3, 但不小于 0.9 m。围栏应由非金属材料制成, 并应相对试验物对称分布。围栏的高度为 0.9 m~1.0 m, 直径 (如果是正方形围栏, 为边长) 应按式 (2) 的 D 选取, 但最小直径为 1.8 m。在试验期间, 围栏不准许打开或移动。

$$D = 1.2 \times (2 \times H + D_{SVU}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

H —— 试验 SVU 的高度, 单位为米 (m);

D_{SVU} —— 试验 SVU 的直径, 单位为米 (m)。

瓷外套 SVU 应根据图 4a) 安装。复合外套 SVU 应根据图 4b) 安装。

除非供需双方达成其他的协议, 试品应垂直安装。

在短路试验期间, SVU 的安装, 特别是导体的路径应代表运行中最不利的条件。

图 4a) 所示路径是在释放压力前试验初始阶段最不利的情况 (特别是在 SVU 装有压力释放装置的情况下)。试品的位置如图 4a) 所示, 喷弧口朝向试验源方向, 这样可导致所产生的外部电弧比其他方向更靠近外套。结果相对于喷弧口朝向其他方向的情况, 热和振动作用可导致瓷伞裙过度崩炸和脱落。然而, 在电弧持续期间, 该路径强迫电弧离开 SVU, 这样减少 SVU 着火的危险。减少着火的危险和试验的初始阶段一样重要, 特别是对于外套的外部为复合材料的 SVU。

如图 4b) 所示, 对于所有复合外套 SVU, 接地导线的方向应和高压进线的方向相反。这样在短路电流的整个持续时间期间, 电弧将靠近 SVU。这样就创造了关于着火危险的最不利的条件。

如果由于实验室空间的限制, 不能设置规定尺寸的围栏时, 制造商可选择较小的围栏尺寸。

8.7.4 大电流短路试验

8.7.4.1 通则

三只试品的试验电流值应基于表 4 所列的额定短路电流值进行选择。所有的三只试品应根据 8.7.2 进行准备, 并且根据 8.7.3 进行安装。

试验应在单相试验回路进行, 根据 8.7.4.1 该试验电路应具有 77%~107% SVU 额定电压的开路电压。然而, 对高压 SVU 做试验时, 试验站可能会没有足够的短路功率在 77% 或更高的试品额定电压下进行这些试验。因此, 8.7.4.2 给出降低电压下进行大电流短路试验的替代程序。测出的在电路中流过试验电流的总时间应 ≥ 0.2 s。

注：由瓷外套避雷器的经验表明，在额定电流下的试验不能证实较低的电流下也具有令人满意的性能。

8.7.4.2 空载电压大于或等于 77% 额定电压的大电流短路试验 (77%~107% 的额定值)

首先测量预期电流，应用被短路的 SVU 或阻抗可忽略的固体连杆代替 SVU 进行试验。

该试验的持续时间应限制到足以测量预期电流波形峰值及对称分量所需的最少时间。

对于“设计 A”SVU 的额定短路电流试验，预期电流的第一个半波峰值应至少为预期电流对称分量有效值的 2.5 倍。随后的对称分量有效值应等于或大于额定短路电流。试验电流为预期电流峰值除以 2.5，但预期电流对称分量的有效值可能更大。由于大的预期电流，避雷器可能会遭受更为严格的负载，因此 X/R 比率小于 15 的试验应得到制造商的同意。

对于“设计 B”SVU 的额定短路电流试验，预期电流的第一个半波峰值应至少为有效值的 $\sqrt{2}$ 倍。

对于降低的试验电流，其有效值应根据表 6，并且预期电流的第一个半波峰值应至少为该电流有效值的 $\sqrt{2}$ 倍。

检查预期电流后应拆除固体短路连接板，并在相同的电路参数下进行 SVU 试品的试验。

注：限制 SVU 内部电弧的电阻，可能会降低测量的电流对称分量有效值及峰值。这不会使得试验无效，因为试验至少在标称运行电压下进行的，对试验电流的影响与实际运行故障时的情况是一样的。

试验回路阻抗的 X/R 比率，在没有 SVU 连接时，应至少为 15。如果试验回路阻抗的 X/R 比率小于 15，可以增加试验电压或减少阻抗使得：

- 对于额定短路电流，预期电流的第一个半波峰值等于或者大于要求试验电流水平的 2.5 倍；
- 对于减少的短路电流水平试验，符合表 5 公差。

8.7.4.3 空载电压低于 77% 额定电压的大电流短路试验

当试验回路电压小于试品额定电压的 77% 时，试验回路参数应按下面的方法进行调整，要求实际 SVU 试验电流的对称分量应等于或者超过 8.7.4 中规定的试验电流水平。

对于“设计 A”SVU 的额定短路电流试验，实际 SVU 试验电流的第一个半波峰值应至少为实际 SVU 试验电流对称分量有效值的 2.5 倍。随后的对称分量有效值应等于或大于额定短路电流。试验电流定义为预期实际避雷器试验电流峰值除以 2.5，但实际 SVU 试验电流对称分量的有效值可能更大。

除了在额定短路电流下的试验，下列要求仅对于“设计 A”复合外套 SVU（见 8.7.2.2 中的复合外套和瓷外套 SVU 的定义）是有效的：如果试品的额定电压高于 150 kV 并且第一个波峰值不能达到额定短路电流的 2.5 倍，应用附加试品进行试验。该附加试品应根据 8.7.4.1 或 8.7.4.2 进行试验。该试品的额定电压值 ≥ 150 kV 并且不应短于实际 SVU 设计的最短 SVU 单元。额定短路电流值应是最长单元进行试验的最小电流有效值，电流有效值的定义是根据 8.7.4.1 或者 8.7.4.3 在最小的 150 kV 额定单元上试验而得。上述试验应写入报告中。

对于在额定短路电流下试验的“设计 B”SVU，实际 SVU 试验电流的第一个半波峰值应至少是有效值的 $\sqrt{2}$ 倍。

对于所有降低的短路电流的有效值应按照表 5 规定，实际 SVU 试验电流的第一个半波峰值应至少是该电流有效值的 $\sqrt{2}$ 倍。

特别是大尺寸 SVU 在低百分比额定电压下的试验，很难得到 2.5 倍的第一个非对称峰值电流，除非考虑特殊的试验可能性。因此为得到额定短路电流，可能增加试验的有效值电压或者减少阻抗使试验电流的第一个半波峰值等于或者大于 2.5 倍的要求试验水平。如果用发电机进行试验，通过改变发电机的励磁也可以得到 2.5 倍要求试验电流的第一个峰值。试验开始后小于 2.5 周波内，电流应减少到要求的对称值。试验电流定义为试验电流的实际峰值除以 2.5，但实际 SVU 试验电流对称分量的有效

值可能更大。因为高的试验电流,SVU 试品可能遭受更为严酷的负载,因此在 X/R 小于 15 的条件下试验宜得到制造商的同意。

对于“设计 B”复合外套 SVU,除非考虑特殊试验设备,即使是第一个电流峰值的 $\sqrt{2}$ 倍也不容易得到。预故障 SVU 能建立相当大的电弧电阻,其限制流过避雷器的对称电流。因此推荐在预故障后试品冷却之前,尽可能快地进行短路试验。

因此,对于预故障 SVU,推荐在施加短路电流前通过重复进行预故障以确保 SVU 表现为完全的低电阻特性,或者相类似的,在最大电流持续 2 s 时间内,回路立即施加短路电流(见图 5)。增加预施加回路的短路电流至 300 A(有效值)是可以接受的。如果这样,在该电流幅值下的最大持续时间应不超过式(3)值:

$$t_{\text{rep}} \leq Q_{\text{rep}} / I_{\text{rep}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

t_{rep} ——重复预故障时间,单位为秒(s);

Q_{rep} ——重复预故障电荷,单位为库伦(C),等于 60 C;

I_{rep} ——重复预故障电流(有效值),单位为安培(A)。

了解仪器热线13402079333栗先生

8.7.5 小电流短路试验

试验可以在任何能够产生通过 SVU 试品电流等于 $600 \text{ A} \pm 200 \text{ A}$ (有效值)的试验回路上进行,该电流值是在电流开始流过 SVU 后约 0.1 s 时测得的。电流应持续流过 1 s 或对于“设计 A”瓷外套 SVU 直到压力释放发生。

8.7.6 提出了关于 SVU 压力释放后的处置。

8.7.6 试验结果评估

如果满足下列 3 种判据可视为试验通过。

- a) 无粉碎性爆炸。
- b) 试品的部件不应超出围栏外,除非:
 - 1) 硬质材料碎片每片小于 60 g,如金属氧化物电阻片或瓷套等碎片;
 - 2) 压力释放盖板和防爆膜;
 - 3) 复合材料的柔软部件。
- c) SVU 应在试验后 2 min 内自动熄灭明火。任何喷出的部件(围栏内或外)应在 2 min 内自动熄灭明火。

满足判据 b) 和判据 c) 的试品结构失效是允许的。

如果 SVU 在试验结束时没有明显的压力释放应小心,因为试验后外套可能还有压力。该注释适用于所有的电流水平,但特别适用于短路试验的低电流试验。

对于喷出部件自熄灭明火的更短持续时间可由供需双方协商同意。

对于 SVU 故障后仍然要求机械完整及具有一定强度的情况,试验程序和评估可由供需双方共同协商确定(例如,可能要求试验后的避雷器能利用顶部将它举起并移动)。

表 4 试验要求

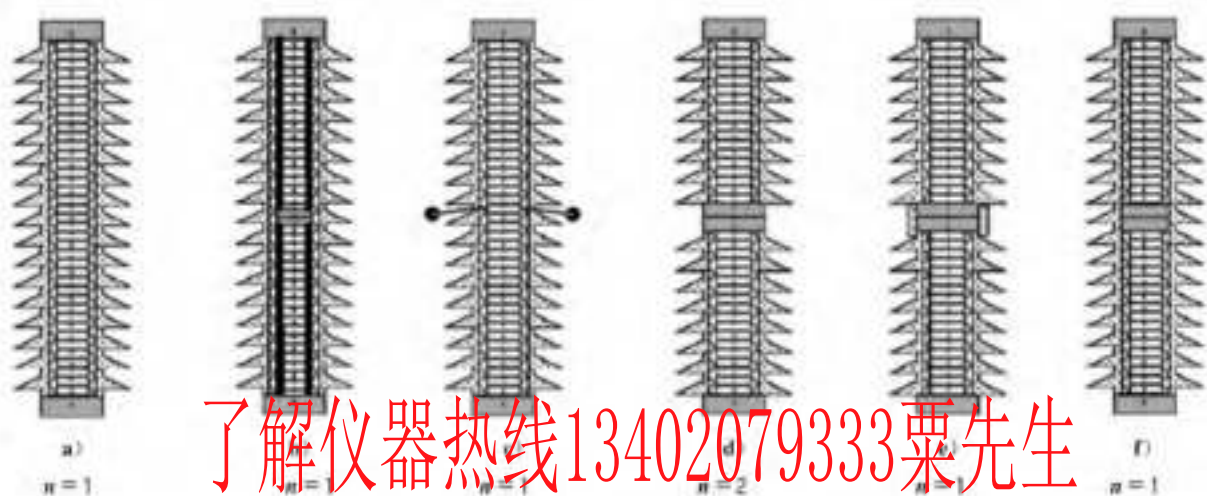
试品	试品要求数量	短路电流开始	第一个电流峰值与表 5 要求的短路电流有效值的比率				
			试验电压, U ₁ 的 77%~107%		试验电压, <U ₁ 的 77%		
			额定短路电流	降低的短路电流	小短路电流	额定短路电流	降低的短路电流
“设计 A”瓷外套 SVU	4	熔丝沿金属氧化物电阻片表面;在气体通道内或者尽可能接近	预期电流, $\geq \sqrt{2}$ 实际电流, 不要求	预期电流, $\geq \sqrt{2}$ 实际电流, 不要求	实际电流, $\geq \sqrt{2}$	实际电流, ≥ 2.5	实际电流, $\geq \sqrt{2}$
			预期电流, $\geq \sqrt{2}$ 实际电流, 不要求	预期电流, $\geq \sqrt{2}$ 实际电流, 不要求	实际电流, $\geq \sqrt{2}$	实际电流, ≥ 2.5 或: 实际电压, $\geq \sqrt{2}$ 在最长的单元和实际电压, ≥ 2.5 在 U ₁ ≥ 150 kV 的单元	实际电流, $\geq \sqrt{2}$
“设计 B”瓷外套 SVU	4	熔丝沿金属氧化物电阻片表面;尽可能远离气体通道	预期电流, $\geq \sqrt{2}$ 实际电流, 不要求	预期电流, $\geq \sqrt{2}$ 实际电流, 不要求	实际电流, $\geq \sqrt{2}$	实际电流, $\geq \sqrt{2}$	实际电流, $\geq \sqrt{2}$
			预期电流, $\geq \sqrt{2}$ 实际电流, 不要求	预期电流, $\geq \sqrt{2}$ 实际电流, 不要求	实际电流, $\geq \sqrt{2}$	实际电流, $\geq \sqrt{2}$	实际电流, $\geq \sqrt{2}$
“设计 B”复合外套 SVU	4	通过恒压或恒电流源进行预故障	预期电流, $\geq \sqrt{2}$ 实际电流, 不要求	预期电流, $\geq \sqrt{2}$ 实际电流, 不要求	实际电流, $\geq \sqrt{2}$	实际电流, $\geq \sqrt{2}$	实际电流, $\geq \sqrt{2}$
			预期电流, $\geq \sqrt{2}$ 实际电流, 不要求	预期电流, $\geq \sqrt{2}$ 实际电流, 不要求	实际电流, $\geq \sqrt{2}$	实际电流, $\geq \sqrt{2}$	实际电流, $\geq \sqrt{2}$

了解仪器热线13402079333栗先生

表 5 短路试验要求的电流值

了解仪器热线13402079333栗先生 单位为安

标称放电电流	额定短路电流 I_n	最低的短路电流 ±10%		持续时间为一秒的 小短路电流
30 000, 20 000 或 10 000	80 000	50 000	25 000	600±200
30 000, 20 000 或 10 000	63 000	25 000	12 000	600±200
30 000, 20 000 或 10 000	50 000	25 000	12 000	600±200
20 000 或 10 000	40 000	25 000	12 000	600±200
20 000 或 10 000	31 500	12 000	6 000	600±200
20 000, 10 000, 或 5 000	20 000	12 000	6 000	600±200
10 000 或 5 000	16 000	6 000	3 000	600±200
10 000, 5 000, 2 500 或 1 500	10 000	6 000	3 000	600±200
10 000, 5 000, 2 500 或 1 500	5 000	3 000	1 500	600±200
10 000, 5 000, 2 500 或 1 500	1 000	—	—	供需双方协商确定的幅值和时间
10 000, 5 000, 2 500 或 1 500	<1 000 ^a	—	—	供需双方协商确定的幅值和时间
注 1: 对于同种类型 SVU, 如果按表 5 已经证明一种额定电流是合格, 要证明较高的额定电流是合格的, 只需在新的额定值进行试验。任何外推只能将额定短路电流上升两级。 注 2: 如果一种新型的 SVU 要求证明高于本表所列的额定电流值是合格的, 还要在其建议的额定电流、50% 额定电流和 25% 额定电流下进行试验。 注 3: 对于同种类型 SVU, 如果按表 5 已经证明一种额定电流是合格, 则认为它已通过了任何低于此额定电流的其他额定电流试验。				
^a 对于安装在谐振接地或中性点不接地系统的 SVU, 允许由供需双方协商, 增加试验持续的时间大于 1 s, 直到 30 min。在这种情况下, 小短路电流应减至 50 A±20 A, 并且应由供需双方协商试品和接收准则。 ^b 在这种情况下, 大电流试验不做要求。				



了解仪器热线13402079333栗先生

说明：

- a) 一只机械和电气元件；
- b) 由外套提供最终的机械强度，其内部装有两个机械组件；
- c) 一只机械元件，其外套的中间装有均压元件；
- d) 由两只独立外套各自安装的两只机械元件；
- e) 提供最终机械强度的两只机械元件，中间的法兰包裹着柔软绝缘材料；
- f) 提供最终机械强度的两只机械元件，外部是一个完整的外套；

n ——元件数；

- ——金属氧化物元件；
- ——金属部件；
- ——装配的机械结构；
- ——外套的最终机械支持部件；
- ——外套的外部柔软部件。

图 3 SVU 单元图例

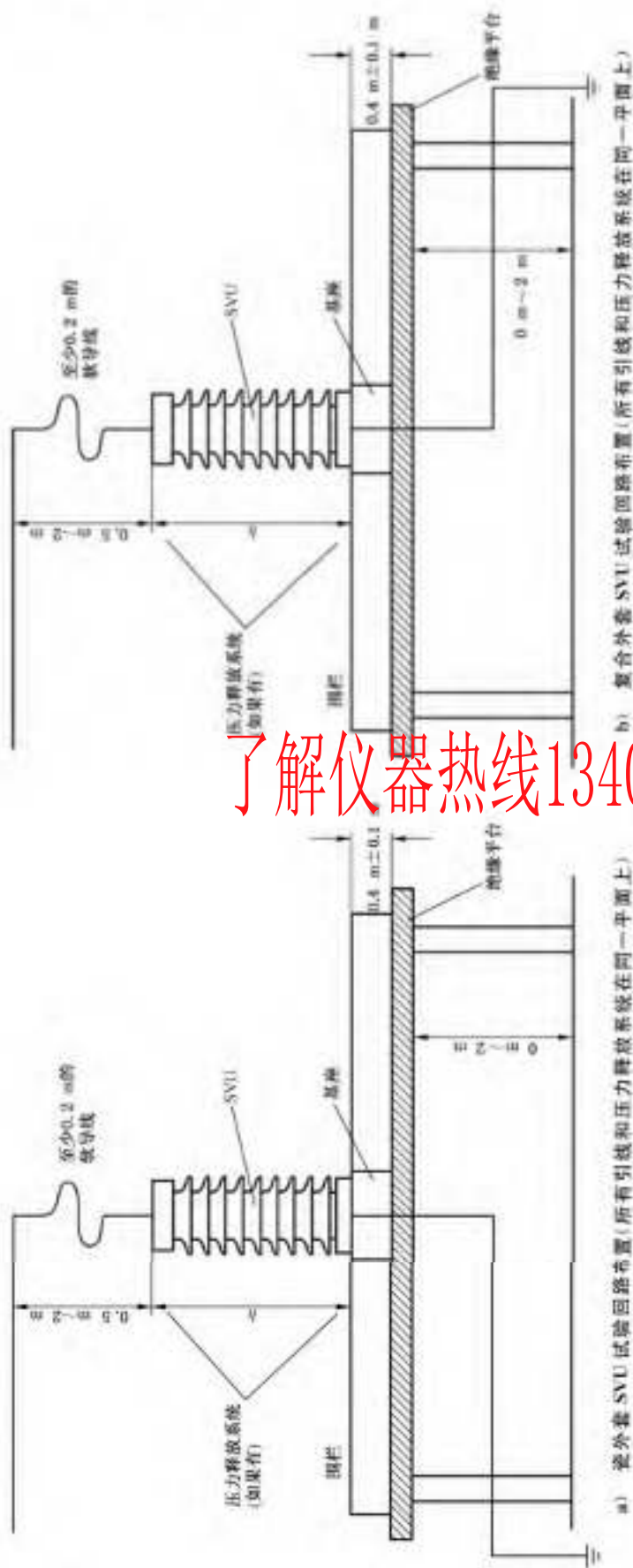
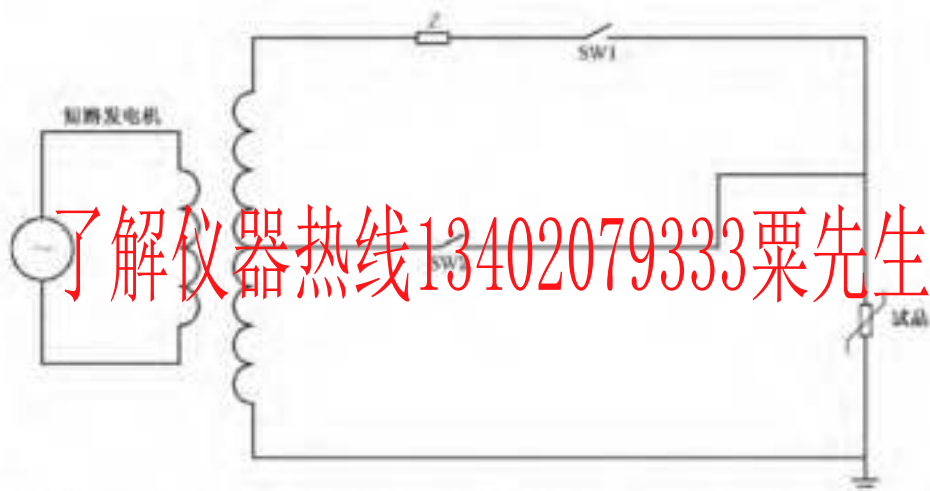


图 4 试验回路布置

了解仪器热线13402079333栗先生



注：当 SW1 闭合并且 SW2 打开时，提供预故障电流水平（最大值为 30 A，由阻抗 Z 来限制）。最大电流值持续 2 s 后，SW2 闭合导致短路电流流过试品。

图 5 对于重复施加预故障后立即施加短路电流的试验回路实例

8.8 续流遮断试验

8.8.1 通则

试验是证实雷电冲击下串联间隙放电后 EGLA 的续流遮断动作。试品是一个完整 EGLA 或 EGLA 比例单元。

试验也证实由于存在湿的污秽层，在污秽条件下电流流过 SVU 外套表面时 EGLA 的性能。

试验由制造商选择以 SDD 水平和 EGLA 结构作为型式试验。

续流遮断试验既可以按照“试验方法 A”（见 8.8.2），也可以按照“试验方法 B”（见 8.8.3）进行。如果按照 GB/T 26218.1—2010 定义，现场的污秽严酷度“很重”，则应按“试验方法 B”进行。其他情况，制造商可以选择试验方法。

对于相同设计的系列产品，可以选取最低额定电压和最短间隙距离的试品进行试验。

注 1：对“试验方法 A”，SVU 外表面电流受污秽的影响由与之并联的另外的线性电阻来模拟，试验在清洁和干燥条件下进行。“试验方法 B”是在人工污秽条件下进行。

注 2：冲击电压通常按同极性、正极性充电方式。

8.8.2 “试验方法 A”

8.8.2.1 试验回路要求

工频电压源阻抗在线流流过期间，在 EGLA 端测量的工频电压峰值不低于试品额定电压的峰值，且在线流遮断后峰值电压不超过额定电压峰值的 10%。试验回路的例子见附录 J。

8.8.2.2 试验程序

EGLA 试品按以下准备。

- 非线性金属氧化物电阻部分应是一个完整的 SVU，或 SVU 比例单元，或金属氧化物电阻片元件；比例系数 n （整只 EGLA 与 EGLA 试品的额定电压之比）应不高于 5。EGLA 比例单元的 50% 雷电冲击放电电压等于制造商宣称的 EGLA 最小间隙距离时的 50% 雷电冲击放电电压。

除以 n , 且 U_1 应不小于 90 kV。

- b) 用作试品的电阻片体积应不大于整只 SVU 所有电阻片最小体积除以 n 。
- c) 试品比例单元 SVU 的参考电压 U_{ref} 应等于 EGLA 的 SVU 的最小参考电压除以 n 。如果试验比例单元 SVU 的参考电压大于整只 EGLA 的 SVU 的最小参考电压除以 n , 因数 n 将相应地减少, 如果试验比例单元 SVU 的参考电压小于整只 EGLA 的 SVU 的最小参考电压除以 n , 这种比例单元将不允许使用。
- d) 线性电阻应与 SVU 并联以获得足够高的续流。
- e) 外串联间隙应与 EGLA 用同样的金具连接。间隙距离不大于制造商规定的最小间隙距离, 间隙电极的尺寸和形状不需按比例缩放。

试验如下进行:

等于 EGLA 或其比例单元额定电压的工频电压施加到试品上。

试验期间流过外串联间隙的续流为下面两部分之和:

- a) 通过并联于 SVU 的线性电阻来模拟 SVU 污秽表面的漏电流;
- b) 施加额定电压时通过非线性金属氧化物电阻片的阻性电流。

模拟 SVU 污层上漏电流的线性电阻阻抗应计算为 $R = F/K$, F 是 SVU 外套的形状系数 (按 GB/T 4585—2004), K 是污层电导率。

污层电导率 K 应按照 GB/T 4585—2004 表 3 对应所选择的 SDD 来取值。可接受的阻抗偏差应在计算值 (-20% 至 $+10\%$) 范围内。

对于 EGLA, SVU 和比例单元, 将发生并承受电压下。在最不利的环境下, 污层受雨后全部是湿的, 且由于表面漏电流的干燥而保留这种状态。因无干带电弧, 污层可假定为线性电阻。

注: 用这个方法, 电流水平高于其运行期间的, 因为计算没有考虑通过 EGLA 外串联间隙的电压降。

为触发间隙放电, 雷电冲击施加到 EGLA, 且提供穿过外串联间隙的电导通道。冲击发生器应调整到使得间隙有次序地放电。

8.8.2.3 试验程序

与实际交流电压半波具有同极性或反极性的雷电冲击在峰值前 $0^\circ \sim 30^\circ$ 施加。

第一次试验应在间隙足够小时进行, 说明工频源能够提供并保持规定的续流。

并联线性电阻应调整使得试验期间总续流至少等于估算值。

然后, 间隙长度应调整到最小规定值。与实际交流电压半波同极性的放电各施加 5 次。如果续流没有建立, 施加更多的放电动作直到续流对每个极性各建立 5 次。

每次放电时应持续记录一段工频电压和续流的永久示波图。示波图应显示试品电压和电流的全过程, 即从冲击施加前的第一个完整循环到续流最终遮断后的 10 个完整循环。最后续流遮断应发生在施加冲击的半波内。在后续任意半波中试品不应有进一步的放电。

8.8.2.4 试验判定

如果 10 次放电动作续流被遮断在工频电压第一半波内, 且在随后半波没有进一步的放电, 则试品通过了试验。

8.8.3 “试验方法 B”

8.8.3.1 试验回路要求

工频电压源阻抗在续流流过期间, 在 EGLA 端测量的工频电压峰值应不低于试品额定电压的峰值, 且在续流遮断后峰值电压不超过额定电压峰值的 10%。试验回路的例子见附录 J。

8.8.3.2 试验程序和顺序

EGLA 试品按以下准备。

- 试品为 EGLA 比例单元或整只 EGLA。
- 非线性金属氧化物电阻部分应是一个完整的 SVU，或 SVU 比例单元；比例系数 n （整只 EGLA 与 EGLA 试品的额定电压之比）应不高于 5。EGLA 比例单元的 50% 雷电冲击放电电压等于制造商宣称的 EGLA 最小间隙距离时的 50% 雷电冲击放电电压除以 n ，且 U_0 应不小于 90 kV。
- 用作试品的电阻片体积应不大于整只 SVU 所有电阻片最小体积除以 n 。
- 试品比例单元 SVU 的参考电压 U_{ref} 应等于 EGLA 的 SVU 的最小参考电压除以 n 。如果试验比例单元 SVU 的参考电压大于整只 EGLA 的 SVU 的最小参考电压除以 n ，因数 n 将相应地减少，如果试验比例单元 SVU 的参考电压小于整只 EGLA 的 SVU 的最小参考电压除以 n ，这种比例单元将不允许使用。
- 外串联间隙应与 EGLA 用同样的金具连接。间隙距离不大于制造商规定的最小间隙距离，间隙电极的尺寸和形状不需按比例缩放。

污秽浆液按 GB/T 4585—2004 或其他等效方法准备，污秽浆液电导率由规定的 SDD 值确定。

试验如下进行：

SVU 外套应是清洁、干燥并在环境温度下。可以用洗涤剂清洗以去除油污，但洗涤剂宜用水冲洗干净。

SVU 表面憎水性应完全清除以模拟在规定污秽条件下最坏情况时预期表面漏电流。

未通电时，污秽应加到 SVU 全部绝缘表面，包括伞下。污层表现为一层连续的膜。污秽涂层可以用喷雾、浸渍或浇涂的方法施加。

注 1：建议用下面的方法暂时去除复合外套（特别是硅橡胶）表面的憎水性，以进行测试，而不会损坏表面或污秽中任何额外化学品：

- 准备浆液，1 L 水中包含 1 kg 高岭土或 1 kg 碱石粉；
- 尽可能均匀地在外套表面喷浆液；
- 在自然环境温度下干燥污秽表面；
- 如用自来水大体上洗掉沉淀的碱石粉或高岭土。这个过程过后表面会留有一定数量的碱石粉或高岭土，这些物质会暂时阻止憎水性复原。

注 2：试验前，在同样设计的复合外套表面检查按以上程序制成的盐密。

注 3：一旦按照注 1 去除了憎水性，试验需要在 1 d 内完成，以避免憎水性的恢复。

染污后，在雷电冲击点火之前给试品施加足够时间的额定电压，在 3 min~3.5 min 内施加雷电冲击以使试品放电。

雷电冲击可以与实际交流电压半波同极性或反极性，并应在工频半波峰值前 $30^\circ \sim 0^\circ$ 施加。

为了证明工频源能够提供并保持规定的续流，正式试验前，预调试验应在间隙足够小时进行。

然后，间隙长度应调整到最小规定值。交流电压半波正负极性的放电各施加 5 次。如果续流没有建立，施加更多的放电冲击直到正负极性续流各建立 5 次。

每次放电冲击后应更新污层。

每次放电时应持续记录一段工频电压和续流的永久示波图。示波图应显示试品电压和电流的全过程，即从冲击施加前的第一个完整循环到续流最终遮断后的 10 个完整循环。最后续流遮断应发生在施加冲击的半波内。在后续任意半波中试品不应有进一步的放电。

注 4：对这个试验，放电动作间的中断时间不需要规定。

8.8.3.3 试验判定

如果满足下列条件,则试验通过:

- a) SVU 表面无闪络发生;
- b) 10 次放电动作续流在工频电压第一半波内遮断,且前半个波内完成一步的放电。

8.9 机械负荷试验

8.9.1 弯曲负荷试验

8.9.1.1 概述

本试验验证 SVU 耐受制造商宣称的机械负荷值(SLL 和 SSL)的能力。试验在 3 个或 6 个 SVU 或 SVU 单元上进行。完整的试验程序按附录 K 中 K.5。

8.9.1.2 瓷和环氧浇注 SVU 的试验程序

8.9.1.2.1 通则

试验针对 $U_s > 40.5$ kV 的 EGLA 的瓷和环氧浇注 SVU。如果制造商宣称了弯曲负荷,试验也适用于 $U_s \leq 40.5$ kV 的 EGLA 的瓷和环氧浇注 SVU。

试验验证 SVU 耐受制造商宣称弯曲负荷值的能力。通常,SVU 不是设计用于扭转负荷的,如果 SVU 要受到扭转负荷,经供需双方同意,需要进行专门的试验。

本试验在无内部压力的整只 SVU 或 SVU 元件上进行。对单节 SVU 设计,试验在设计的最长元件上进行。当 SVU 包含有多个元件或当 SVU 的两端具有不同规定的弯矩值时,试验应在每个不同的规定弯矩的最长元件上进行,负荷值按照 K.1 确定。

试验应按以下两部分的任意顺序进行:

- 用来确定平均破坏负荷值(MBL)的弯曲负荷试验;
- 试验负荷等于规定的短期负荷(SSL)的静态弯曲负荷试验,如 K.2 的 100%值。

8.9.1.2.2 试品准备

试品的一端牢固地安装在试验设备顶部安装支架上,使所施加的试验力(力矩)从另一端产生所要求的弯矩。负荷应通过 SVU 的纵轴并且垂直于它。如果 SVU 对于弯曲强度不是轴对称的,制造商应提供非对称强度的信息,负荷应以一个角度施加以使 SVU 最薄弱部分承受最大弯矩。

8.9.1.2.3 试验程序

8.9.1.2.3.1 确定平均破坏负荷值(MBL)的试验程序

试验应在 3 只试品上进行。对于 $U_s \geq 252$ kV 的 EGLA,也可以在 1 只整只 SVU 试品上进行。如果首先进行 SSL 的试验,试验后的试品可被用于 MBL 试验。试品不需要包含内部部件。对每个试品在 30 s~90 s 之内,弯曲负荷应平稳增加直到破坏。“破坏”包括外套的断裂和固定装置或端部部件的损坏。计算试品的破坏负荷的平均值作为平均破坏负荷(MBL)。

注 1: 当施加负荷时避雷器外套可能破碎,并可能造成装卸危险。

注 2: 经供需双方协商,试验时当弯曲负荷值超过 1.2 倍 SSL 值试品未破坏,结束试验,计算施加到试品负荷值的平均值作为平均破坏负荷(MBL)。

8.9.1.2.3.2 验证规定短时负荷(SSL)的试验程序

试验应在 3 只试品上进行。对于 $U_s \geq 252$ kV 的 EGLA,也可以在 1 只整只 SVU 试品上进行。试

品需要包含内部部件。试验前,对每个试验试品应进行密封试验(见 8.14)和局部放电试验(见 8.15)。如果这些试验在型式试验中完成,在这里不必重复进行。

注 1: 试品为多元件 SVU 时,弯曲负荷试验前后的局部放电试验可在元件上分别进行。

对每个试品,在 30 s~90 s 之内,弯曲负荷平稳增加至 SSL,偏差 0%~+5%。当达到试验负荷,应保持 60 s~90 s。此时测量偏移量。然后应平稳降低负荷到零,记录残余偏移量。在负荷降到零后应在 1 min~10 min 的时间内测量残余偏移量。

注 2: 当施加负荷时避雷器外套可能破碎,并可能造成装卸危险。

如果需要施加超过 SSL5% 的负荷,应经制造商同意。

8.9.1.2.4 试验判定

如果满足下列要求,则试验通过。

平均破坏负荷 $MBL \geq 1.2SSL_4$ 。

对于 SSL 试验:

- 没有明显的机械损伤;
- 残余永久偏移量 ≤ 3 mm 或 $\leq$ 试验时最大偏移量的 10%,取高值;
- 密封试验通过(见 8.14);
- 局部放电量不超过 8.15 的规定值。

8.9.1.3 复合外套(树脂浇铸除外)SVU 的试验程序

8.9.1.3.1 通则

试验适用于 $U_s > 40.5$ kV 的 EGLA 的复合(树脂浇铸除外)外套 SVU(有或无封闭气腔)。如果制造商宣称了弯曲强度,试验也适用于 $U_s \leq 40.5$ kV 的 EGLA 的复合(树脂浇铸除外)外套 SVU。

树脂浇铸 SVU 应按照 8.9.1.2 试验。没有宣称弯曲强度的 SVU 应按 8.9.1.3.3.2a) 进行端子扭转预处理,按 8.9.1.3.3.2c) 进行热预处理试验,按 8.9.1.3.3.3 进行浸水试验。

试验的目的是验证制造商宣称的 SVU 耐受弯曲负荷的能力。通常,SVU 的设计不是用于承受扭转负荷。如果 SVU 要承受扭转负荷,经供需双方协商需要进行特殊试验。

试验应在 SVU 或最高额定电压的 SVU 元件上进行。对单节 SVU 设计,试验应在设计的最高额定电压的最长元件上进行。当 SVU 包含有多个元件或当 SVU 的两端具有不同规定的弯矩值时,试验应在每个不同的规定弯矩的最长元件上进行,负荷值按照 K.1 确定。然而,若最长元件长度大于 800 mm,可以使用一个较短的元件,并按以下要求提供。

——长度至少大于:

- 1) 800 mm
- 2) 与端部附件交界处外套(不包含伞裙)外径的 3 倍。

——该元件是设计中使用的元件之一,不是为试验专门制造的。

——具有设计元件中的最高额定电压。

对三只试品,依次进行下列三个步骤的试验($U_s \leq 40.5$ kV 的 EGLA 为两个步骤):

- 三只试品应耐受试验负荷等于规定长期负荷(SLL)的 1 000 次循环试验;
- 对两只试品应进行静态弯曲负荷试验,试验负荷等于规定的短期负荷(SSL),如 K.2 的 100% 值,以及第 3 个样品按 8.9.1.3.3.2 进行的热机预处理试验;
- 按 8.9.1.3.3.3 对所有 3 个试品进行浸水试验。

规定负荷的偏差在 0%~5%。

如果超过 5%,应经制造商同意。

注: 对 $U_s \leq 40.5$ kV 的 EGLA 的 SVU 不进行循环试验。

了解仪器热线13402079333栗先生

8.9.1.3.2 样品准备

试品需要包含内部部件。

试验前,每只试品应进行如下试验。

——按以下顺序的电气试验:

- 1) 在环境温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ K}$ 下,测量 $0.75U_m$ 下的功耗或阻性电流;
- 2) 局部放电试验;
- 3) 在 0.01 倍~ 1 倍标称放电电流下的残压试验,电流波形是 $T_1/T_2 = (4 \sim 10)/(10 \sim 25)\text{ }\mu\text{s}$ 。

——对具有封闭气腔和独立密封系统的 SVU,按 8.14 进行密封泄漏检测。

试品为多元件 SVU 时,弯曲负荷试验前后的验证试验可在元件上分别进行。

如果已经在型式试验中进行了阻性电流试验、局部放电试验和密封试验,不需要再重复进行该试验。

试品的一端牢固地安装在试验设备刚性安装台面上,负荷施加到试品的另一端(自由端),在固定端产生所要求的弯矩。负荷的方向应通过 SVU 的纵轴并且垂直于它。如果 SVU 对于弯曲强度不是轴对称的,制造商应提供非对称强度的信息,负荷应以一个角度施加以使 SVU 最薄弱部分承受最大弯矩。

8.9.1.3.3 试验程序

8.9.1.3.3.1 试验步骤

试验在 3 个试品上进行。对 $U_s > 40.5\text{ kV}$ 的 EGLA 的 SVU,试验分三步进行。对 $U_s \leq 40.5\text{ kV}$ 的 EGLA 的 SVU,试验分两步进行。

a) $U_s > 40.5\text{ kV}$ 的 EGLA 的 SVU。

第 1 步:

所有三只试品应施加负荷进行 1 000 次循环耐受,每次循环在一个方向上的负荷从零增加到规定的 SLL,然后减小到零负荷,再在反方向施加负荷至规定的 SLL,然后减小到零负荷。循环运动在形式上大约为正弦,频率从 0.1 Hz 到 1 Hz 。

由于对试验设备的调整,要施加 SLL 之前应施加若干次循环。制造商应规定这样循环的最大次数。这些循环不应包含在规定的 1 000 次循环中。

应记录试验中的最大偏移量和残余偏移量。残余偏移量应在卸掉负荷后 $1\text{ min} \sim 10\text{ min}$ 内进行测量。

第 2.1 步:

对完成步骤 1 的两只试品施加弯曲负荷,弯曲负荷应在 $30\text{ s} \sim 90\text{ s}$ 内平稳地施加到规定的短期负荷(SSL)。当到达规定的负荷值时,应维持 $60\text{ s} \sim 90\text{ s}$ 。这个期间应测量避雷器的偏移量。然后应平稳地卸掉负荷。

应记录试验中的最大偏移量和残余偏移量。残余偏移量应在卸掉负荷后 $1\text{ min} \sim 10\text{ min}$ 内进行测量。

第 2.2 步:

从第 1 步中取第 3 只试品按 8.9.1.3.3.2 进行热机预处理试验。

第 3 步:

按 8.9.1.3.3.3 对所有 3 个试品进行浸水试验。

b) $U_s \leq 40.5\text{ kV}$ 的 EGLA 的 SVU。

第 1.1 步:

对两只试品施加弯曲负荷,弯曲负荷应在 30 s~90 s 内平稳地施加到规定的短期间负荷 (SSL)。当到达规定的负荷值时,应维持 60 s~90 s。这个期间应测量避雷器的偏移量。然后应平稳地卸掉负荷。

应记录试验中的最大偏移量和残余偏移量。残余偏移量应在卸掉负荷后 1 min~10 min 内进行测量。

第 1.2 步:

第 3 只样品按 8.9.1.3.3.2 进行热机预处理试验。

第 2 步:

按 8.9.1.3.3.3 对所有 3 个样品进行浸水试验。

8.9.1.3.3.2 热机预处理试验

本预处理为 8.9.1.3.3 试验程序构成部分,并在 8.9.1.3.1 确定的 1 个试品上进行。

a) 端子扭矩预处理。

对试品施加制造商规定的 SVU 端子扭矩,持续 30 s。

b) 热机预处理。

这个试验仅对宣称弯曲强度的 SVU 进行。所示试品承受 4 个方向的规定的长期负荷 (SLI) 并进行图 6 和图 7 所示的热循环。

在特殊应用中,如果 SVU 主要承受其他负荷,应由相关负荷来替代。整个试验时间和温度循环应保持不变。

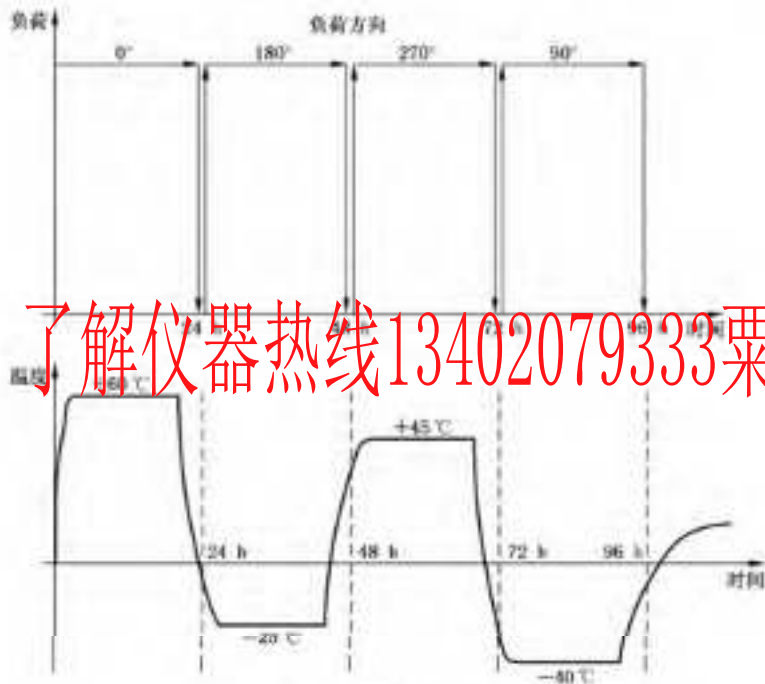


图 6 热机试验

如图 6 所示,温度变化循环包括两个 48 h 的冷热循环。试验在空气中进行,试验时应测量试验箱中避雷器周围的空气温度,冷热阶段的温度应分别至少保持 16 h。

施加的静态弯曲负荷应等于制造商所规定的 SLI。如图 7 所示,从热到冷或者从冷到热的温度转变过程中,施加的负荷方向每 24 h 变化一次。



图7 热机试验和弯曲负荷方向试验布置示例

试验可能会因设备维护而中断,但中断时间不超过4 h,中断结束后应立即恢复试验,循环可认为有效。

应记录测量的相对于初始无负荷情况下的残余偏移。应在卸掉负荷后1 min~10 min内进行残余偏移量测量。

c) 热预处理。

该试验仅适用于无宣称弯曲负荷的SVU。

试品要耐受如图6所示的温度变化循环,但不施加任何负荷。

如图6所示,温度变化循环包括2个48 h的冷热循环。试验在空气中进行,冷热阶段的温度分别至少保持16 h。

8.9.1.3.3 浸水试验

将 SVU 浸没到盛满沸腾的去离子水的容器中 42 h, 水中 NaCl 的含量为 1 kg/m^3 。

注: 上述水的特性为试验开始时测量值。

如果供方声称其密封材料无法耐受沸水 42 h, 经供需双方同意, 水温(沸水)也可降到 80°C (最少持续 52 h)。经供需双方同意后, 52 h 这个值也可扩大到 168 h(一周)。

沸腾结束后, SVU 应保持在容器中直到水冷却到约 50°C , 并保持这个温度, 直到可以进行验证试验。SVU 从水中取出并冷却到环境温度不超过 8 h。仅当需要验证试验时, 才有必要让水温保持在 50°C 直到图 8 所示的浸水试验结束。评估试验在 8.9.1.3.4 规定的时间内完成。从水中取出样品后, 可以用自来水清洗。

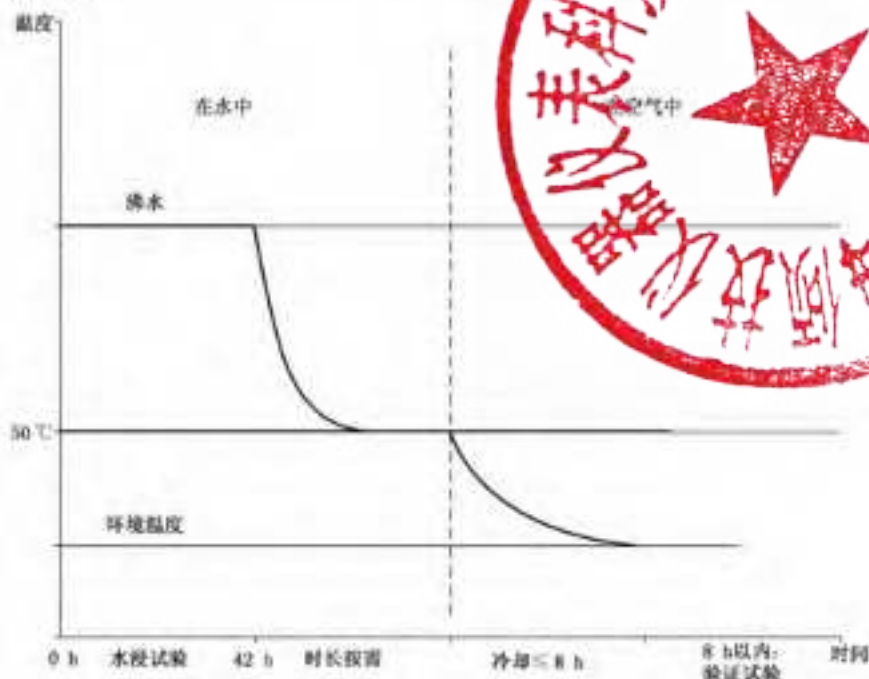


图 8 浸水试验的试验顺序

8.9.1.3.4 试验判定

按 8.9.1.3.2 对每只试品重复进行试验。

如果达到以下要求, 则试验通过。

a) $U_s > 40.5 \text{ kV}$ 的 EGLA 的 SVU。

第 2 步后:

——无可见的损坏;

——除了不大于 5% SSL 值的波动, 一直到 SSL 值的力和偏移曲线斜率应保持正值。数字测量设备的采样率应至少为 10 s^{-1} 。测量设备的截止频率应不小于 5 Hz。

在步骤 1 和步骤 2 期间的最大偏移量和任何永久残余偏移, 试验后都应记录在报告中。

第 3 步后:

按图 8 定义的冷却后 8 h 内:

——在 $0.75U_m$ 下测量功率损耗或阻性电流, 相对于初始测量值的增加值应不大于 20 mW/kV (在 U_c 下测量) 或者变化不大于 20%。试验时应在与初始测量时的环境温度差不超过 3 K

的环境温度下进行。

——在 $0.75U_m$ 下测量局部放电量不超过 10 pC 。

可在上述的功率损耗测量(或阻性电流)和局部放电试验后的任何时间进行下列试验。

——对具有封闭气腔和独立密封系统的 SVU, 试品按 8.14 通过了密封试验。

——在与初始测量时相同的电流幅值和波形下, 测量整只试品残压, 残压变化不大于 5% 。

——连续两次标称放电电流冲击下的残压变化不大于 2% , 并且在试品的电压和电流示波图上不应出现任何部分或者全部下降的现象, 冲击电流的波形应在 $T_1/T_2 = (4 \sim 10)/(10 \sim 25) \mu\text{s}$ 的范围内, 两次电流冲击间的间隔时间应为 $50 \text{ s} \sim 60 \text{ s}$ 。

——在两次残压试验前和试验后测量的工频参考电压变化不大于 2% 。

注 1: 如果特别长的避雷器可以拆开取出电阻片, 该部分验证试验将单独在电阻片或电阻片柱上进行。如果无法拆开取出电阻片, 将在避雷器的绝缘外套上钻孔, 用导线与串联在电阻片柱中的金属垫片连接, 这样可以在短的避雷器单元上进行试验。

b) $U_m \leq 40.5 \text{ kV}$ 的 EGLA 的 SVU。

第 1 步后:

——无可见的损坏;

——对于 1.1 步, 除了不大于 5% SSL 值的波动, 一直到 SSL 值的力和偏移曲线斜率应保持正值。数字测量设备的采样率应至少为 10 s^{-1} 。测量设备的截止频率应不小于 5 Hz 。

在步骤 1 期间的最大偏移量和任何永久残余偏移, 试验后都应记录在报告中。

第 2 步后:

按图 8 定义的冷却后 8 h 内:

——在 $0.75U_m$ 下测量功率损耗或阻性电流, 相对于初始测量值的增加值应不大于 20 mW/kV (在 U_m 下测量) 或者变化不大于 20% ; 试验时应在与初始测量时的环境温度相差不超过 3 K 的环境温度下进行;

——在 $0.75U_m$ 下测量局部放电量不超过 10 pC 。

可在上述的功率损耗测量(或阻性电流)和局部放电试验后的任何时间进行下列试验。

——对具有封闭气腔和独立密封系统的 SVU, 试品按 8.14 通过了密封试验。

——在与初始测量时相同的电流幅值和波形下, 测量整只试品残压, 残压变化不大于 5% 。

——连续两次标称放电电流冲击下的残压变化不大于 2% , 并且在试品的电压和电流示波图上不应出现任何部分或者全部下降的现象, 冲击电流的波形应在 $T_1/T_2 = (4 \sim 10)/(10 \sim 25) \mu\text{s}$ 的范围内, 两次电流冲击间的间隔时间为 $50 \text{ s} \sim 60 \text{ s}$ 。

——在两次残压试验前和试验后测量的工频参考电压变化不大于 2% 。

注 2: 如果特别长的避雷器可以拆开取出电阻片, 该部分验证试验将单独在电阻片或电阻片柱上进行。如果无法拆开取出电阻片, 将在避雷器的绝缘外套上钻孔, 用导线与串联在电阻片柱中的金属垫片连接, 这样可以在短的避雷器单元上进行试验。

8.9.2 拉伸负荷试验

本试验适用于承受拉伸负荷的复合外套 EGLA。

例行试验时, 可以对 EGLA 的 SVU 元件、支撑件(如果有)分别进行试验, 也可对整只 EGLA 进行试验。试验时, 拉伸负荷应在 $30 \text{ s} \sim 90 \text{ s}$ 内平稳地施加到规定的 50% 额定拉伸负荷, 当到达规定的负荷值时, 应维持 $60 \text{ s} \sim 90 \text{ s}$, 然后应平稳地卸掉负荷。试验后试品应无可见的机械损坏。

型式试验时, 试验方法应符合 GB/T 11032—2020 规定。试验应在 60°C 以上进行, 对两只试品进行拉伸负荷试验, 对第三只试品进行热机械预处理试验。

进行拉伸负荷试验时, 试品应为 2 只 EGLA 或 EGLA 比例单元, 此时 EGLA 比例单元应由 EGLA

的支撑件和至少一只 SVU 组成,试验时施加的拉伸负荷应为制造商所规定的 EGLA 额定拉伸负荷。

进行热机预处理时,试品应为 1 只 SVU 或 SVU 元件,试验时施加的拉伸负荷应等于制造商所规定的 50% 额定拉伸负荷。

试品为多元件 SVU 时,拉伸负荷试验前后的验证试验可在元件上分别进行。

8.10 气候老化试验

8.10.1 概述

环境试验用加速试验程序验证 SVU 密封系统和外露金属件在环境条件下不会损坏。试验在 1 只任一长度的整只 SVU 上进行。对有封闭气腔和独立密封系统的 SVU,内部元件可以省去。对那些仅仅长度不同、具有同样设计和材料、同样密封系统的 SVU 可以认为是同类型 SVU。

8.10.2 试品准备

试验前,试品按制造商采取的任何灵敏的方法进行密封泄漏检测。

8.10.3 试验程序

8.10.3.1 通用要求

如下规定的试验应依次在一只 SVU 上进行。

8.10.3.2 温度循环试验

试验应按 GB/T 2423.1—2003 中的 NH 试验进行。

- 高温应至 $+100^{\circ}\text{C}$ 或 $+10^{\circ}\text{C}$ 以上,低温应至 $+10^{\circ}\text{C}$ 以下,高温期与低温期由试验施加温度的温差不小于 85 K ,但是在低温期内低温不应小于 -50°C 。
- 温度变化梯度: 1 K/min 。
- 每个温度持续时间: 3 h 。
- 循环次数: 10 次。

8.10.3.3 盐雾试验

该试验应按照 GB/T 2423.17—2008 第 3 章和 6.6 进行:

- 盐溶液浓度: $5\%\pm 1\%$ (质量比);
- 试验持续时间: 96 h 。

8.10.4 试验评价

如果试品通过了 8.14 密封试验,则 SVU 通过了试验。

8.10.5 紫外光试验

8.10.5.1 通用要求

对聚合物(复合与树脂浇铸)外套 SVU,应进行紫外光试验。

8.10.5.2 程序

该试验应从避雷器试品的伞和外套材料中选取三只样片(如果适用,应包含标识)。如果外套上有标识,应直接暴露在紫外光下。绝缘外套材料应按照下列方法之一经受 $1\,000\text{ h}$ 紫外光照射。

- 氙弧法：根据 GB/T 16422.1—2019 和 GB/T 16422.2—2022 中的方法 A 进行试验，该方法没有暗周期，标准喷射循环，黑标准温度或者黑板温度为 65℃，辐照度约为 550 W/m²。
- 荧光紫外法：根据 GB/T 16422.1—2019 和 GB/T 16422.3—2022，采用 I 型荧光紫外灯按暴露方式 1 或者 2 进行试验。

8.10.5.3 验收判据

试验后，在伞和外套材料上的标识应清晰；表面不允许有劣化现象（例如裂缝和凸起）。如果劣化有怀疑，应测量三只试片的两个表面的粗糙度。GB/T 3505 定义的粗糙度 R_z 需沿着至少 2.5 mm 的取样长度进行测量。 R_z 不超过 0.1 mm。

注：GB/T 6062 给出了表面粗糙度测试仪的说明。

8.11 外观检查

检查复合外套和支撑件表面的缺陷（如缺胶、杂质、凸起等），缺陷面积应符合 6.15 的规定。

8.12 参考电压试验

对 SVU（或 SVU 元件）施加工频电压，当通过试品的阻性电流等于工频参考电流时，测出试品上的工频电压峰值。参考电压等于该工频电压峰值除以 $\sqrt{2}$ ，如参考电压与极性有关时，取低值。试验环境温度为 20℃±15 K。

注：近似认为，试验电压峰值处对应的全电流瞬时值为阻性电流分量的峰值。

对 SVU（或 SVU 元件）施加一直流电压，当通过试品的电流等于直流参考电流时，测出试品上的直流电压值。如参考电压与极性有关时，取低值。

直流电压纹波因数不应超过±1.5%。

试验环境温度为 20℃±15 K。

8.13 0.75 倍直流参考电压下漏电流试验

对 SVU 施加 0.75 倍直流参考电压，测量通过 SVU 的漏电流，如漏电流与极性有关，取高值。

8.14 密封试验

8.14.1 通则

该试验验证避雷器整个系统的气密性/水密性。

该试验适用于内部有封闭的气体空间和独立密封系统的避雷器。该试验用来验证避雷器整个系统的气密性/水密性。

试验在 1 只 SVU 上进行，对于采用氦质谱检漏仪检漏法，试品内部部件可以去掉。如果 SVU 包含有不同密封系统的元件，则试验应在代表每个不同的密封系统的元件上进行。

试验时，可采用氦质谱检漏仪检漏法、抽气浸液法、热水浸液法、浸水试验法中任何灵敏方法对避雷器进行密封试验。

注 1：浸水试验属于破坏性试验，试验后的试品最好不投入使用，因此浸水试验通常用于型式试验。

注 2：浸水试验在 JB/T 7618 中称为沸水煮试验，在 GB/T 11032—2020 中称为浸水试验。

8.14.2 试品准备

试品是新的和清洁的。

8.14.3 试验程序

可采用下列方法进行试验，由制造商宣称。

——氮质谱检漏仪检漏法。

采用喷吹法检漏。喷吹法适用于有抽气口的 SVU。

将 SVU 接在检漏仪的检漏口,用检漏仪的真空系统对 SVU 抽真空,并达到真空衔接与质谱室沟通,SVU 真空度要求应符合检漏仪的规定,然后用喷枪向密封处喷吹氮气。当有漏孔存在时,氮气就通过漏孔进入质谱室被检测出。

注 1:若采用氮质谱检漏仪检漏法,避雷器需有检漏口。

——热水浸泡法。

将试品水平浸泡于高于试验环境温度 $45\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ K}$ 的水中,水应是清洁的,水面应高出 SVU 最高点 $10\text{ cm} \sim 20\text{ cm}$ 。

对用于 $U_n \geq 40.5\text{ kV}$ 的 EGLA,SVU 浸泡时间不小于 30 min ;对用于 $U_n < 40.5\text{ kV}$ 的 EGLA,SVU 浸泡时间不小于 10 min 。浸泡时间从达到规定的水温时算起,用计时器记录。

注 2:如果制造商宣称 SVU 不适用于水平放置,试品按制造商规定的方向放置,试验条件满足上述要求。

——抽气浸泡法。

将试品水平放入水温不小于 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水中,水应是清洁的,水面应高出避雷器最高点 $10\text{ cm} \sim 20\text{ cm}$ 。

对试验水箱抽真空,压差不应小于 0.02 MPa ,保压 3 min 。保压时间从达到规定的压差时算起,用计时器记录。压差应用压力表测量,压力表应能读出 0.001 MPa 。

注 3:如果制造商宣称避雷器不适用于水平放置,试品按制造商规定的方向放置,试验条件满足上述要求。

——浸水试验。

浸水试验适用于复合外套 EGLA。

将 SVU 浸入沸腾的去离子水的溶液中煮 42 h ,水中 NaCl 的含量为 1 kg/m^3 。试验方法应符合 8.9.1.3.3.3 的规定。试验前,应测量 SVU 的直流参考电压、 0.75 倍直流参考电压下漏电流。

8.14.4 试验评估

试验评估要求如下。

- 对于氮质谱检漏仪检漏法,最大的密封泄漏率应低于 $6.65 \times 10^{-5}\text{ Pa} \cdot \text{L/s}$ 。
 - 对于热水浸泡法和抽气浸泡法,SVU 在规定的浸泡(保压)时间内,如无连续性气泡溢出则视为合格(如开始有少量断续气泡溢出,但随后不再有气泡溢出,仍视为合格),如不能明确判断是否有连续气泡溢出,应重测 SVU 元件的直流参考电压和 0.75 倍直流参考电压下漏电流,试验前后直流参考电压变化应不大于 5% , 0.75 倍直流参考电压下漏电流变化不应大于 $20\text{ }\mu\text{A}$ 。
 - 对于浸水试验,试验后应重新测量 SVU 的直流参考电压, 0.75 倍直流参考电压下漏电流。试验前后直流参考电压变化应不大于 5% , 0.75 倍直流参考电压下漏电流变化不应大于 $20\text{ }\mu\text{A}$ 。
- 试品为多元件 SVU 时,试验前后的验证试验可在元件上分别进行。

8.15 局部放电试验

试验应在整只 SVU 或 SVU 元件上进行。

试验时,施加在试品上的工频电压应升至试品的参考电压,保持 $2\text{ s} \sim 10\text{ s}$,然后降到试品的 0.75 倍参考电压,在该电压下,按照 GB/T 7354 规定测量局部放电,测得的内部局部放电量不应超过 10 pC 。

8.16 雷电冲击伏秒特性试验

试品为整只 EGLA,试验应在制造商宣称的最大间隙距离下进行。试验方法应符合 GB/T 16927.1 的规定。

8.17 无线电干扰电压试验

本试验适用于 $U_s \geq 72.5$ kV 的 EGLA。对于同一类 EGLA, 该试验应在最长的具有最高额定电压的 EGLA 上进行。如果较低额定值 EGLA 的配件与已在高额定值 EGLA 上通过试验验证合格的配件(高压和接地端子、均压环等)完全相同, 则不需要进行试验。

注 1: 由于沿整只 EGLA 的电压分布是非线性的, 所以不能仅对 EGLA 的组件、部件或元件进行试验。

注 2: 本项试验, 同一类 EGLA 是指具有相同的配置。

试验的 EGLA 应完全组装好, 并且包括制造商提供的 EGLA 标准配置的配件(高压和接地端子、间隙等)。

试验电压施加在高压端子和接地底座之间。

EGLA 的接地部分应连接到地。应注意避免由于 EGLA 及试验和测量回路附近的接地或不接地物体影响测量。

试验接线和其端子不应成为产生比下面指示值高的无线电干扰电压源。

测量回路应符合 GB/T 11604—2015 的规定。应优先调整测量回路的频率到 0.5 MHz, 偏差为 10%, 也可使用 0.5 MHz~2 MHz 范围内的频率, 记录测量频率。测量结果用微伏表示。

如果使用与 GB/T 11604—2015 规定不同的测量阻抗, 其不应大于 600 Ω 或小于 30 Ω 。在任何情况下, 相位角不应超过 20°。假设所测电压与阻抗成正比, 就可计算出相对于 300 Ω 时的无线电干扰电压。

滤波器 F 应有高阻抗, 从试验的 EGLA 看去, 高压导线和地之间的阻抗不会有明显的分路。该滤波器还减少了试验电路中的无线电频率回路电流, 该电流是由高压变压器或由外部源产生的。在测量频率下, 合适的阻抗值为 10 000 Ω ~20 000 Ω 。

应采用一些方法以确保背景无线电干扰水平(由外部电磁场和当施加试验电压时由高压变压器所引起的无线电干扰电压水平), 至少是低于规定的试验 EGLA 无线电干扰水平 6 dB, 最好低于 10 dB。测试仪器的校正方法见 GB/T 11604—2015。

因为无线电干扰水平可能会受到落在绝缘子上的纤维或灰尘的影响, 所以在测试前允许用干净的布擦拭绝缘子。试验期间应记录大气条件。无线电干扰测试的校正系数还不知道, 但试验可能对较高的相对湿度敏感, 如果相对湿度超出 80%, 那么试验结果可能受到质疑。

试验程序:

试验时, 施加在试品上的工频电压应升至 $1.15U_s/\sqrt{3}$, 保持 5 min, 然后降到试品的 $1.05U_s/\sqrt{3}$, 在该电压下, 无线电干扰电压不大于 2 500 μ V, 则试验通过。

8.18 可见电晕试验

本试验适用于 $U_s \geq 72.5$ kV 的 EGLA。试验的 EGLA 应完全组装好, 并且包括制造商提供的 EGLA 标准配置的配件(高压和接地端子、均压环等)。

试验时, 施加在试品上的工频电压应为 $1.05U_s/\sqrt{3}$, 在该电压下不应有可见电晕。

8.19 操作冲击耐受电压试验

应对整只 EGLA 进行淋雨环境下的操作冲击耐受电压试验。试验电压是表 E.3 中的电压值。

试验应在制造商宣称的最小间隙距离下进行, 试验方法应符合 GB/T 16927.1 规定。

8.20 统一爬电比距检查

检查 SVU 和支撑件爬电距离时, 可采用不会伸长的胶布带、金属丝等, 在试品两电极间, 沿绝缘件表面量得的最短距离, 由多个绝缘件组成的 SVU, 则为其各绝缘件最短距离的总和。对于瓷外套

了解仪器热线13402079333栗先生

EGLA 应包括瓷件表面的半导体釉层部分,但不包括导电性胶合剂,如水泥胶合剂。

统一爬电比距见 GB/T 26218.1—2010。

8.21 间隙距离检查

用量具测量 EGLA 间隙距离的尺寸,其值应符合设计规定。

8.22 支撑件工频耐受电压试验

试品为支撑件。试验方法应符合 GB/T 16927.1 规定。

8.23 支撑件陡波冲击电压试验

试品为支撑件。在试品上布置具有尖锐边缘的电极(电极可以是宽约 20 mm、厚度小于 1 mm 的铜带制成的架子)。将这些电极紧紧地固定在伞与伞的外套上,以便其定位形成沿轴向长约 500 mm 或较小的区段。如绝缘子两端头装配件间的距离小于或等于 500 mm,试验电压应施加在两端头装配件间。

支撑件应进行正、负极性各 5 次的陡波冲击电压试验,每次击穿应在电极间的试品外部闪络而不击穿。冲击电压陡度为 1 000 kV/ μ s~1 500 kV/ μ s。

8.24 金具镀锌检查

试品为 EGLA 镀锌金属件,试验方法应符合 JB/T 8177 规定。

9 例行试验

出厂的每只 EGLA(或电阻片)应按表 6 规定进行检查,若 EGLA(或电阻片)有不满足表 6 的任何 1 项要求时,则此 EGLA 被认为不合格。

表 6 例行试验

序号	试验项目	试验依据	试验方法	试品	
				不带支撑件间隙的 EGLA	带支撑件间隙的 EGLA
1	外观检查	6.13	8.11	SVU 或 SVU 元件	EGLA
2	密封试验	6.16	8.14	SVU 或 SVU 元件	
3	参考电压试验	6.8	8.12	SVU 或 SVU 元件	
4	0.75 倍直流参考电压下漏电流试验	6.14	8.13	SVU 或 SVU 元件	
5	标称放电电流下残压试验	6.9	8.15	SVU 或 SVU 元件	
6	局部放电试验	6.9	8.16	SVU 或 SVU 元件	
7	金具镀锌检查	6.21	8.24	SVU 或 SVU 元件	EGLA
8	间隙距离检查	6.19	8.21	不适用	间隙
9	拉伸负荷试验	6.6.2	8.9.2	SVU 或 SVU 元件	EGLA

注 1: 由供需双方决定是否进行拉伸负荷试验。

注 2: 在间隙距离检查中,对于固定间隙的 EGLA,要测量 EGLA 间隙距离是否符合制造商宣称的间隙距离范围。

10 验收试验

采购商在采购协议中规定验收试验时,应抽取避雷器按表 7 进行试验。试品数量不小于供货避雷器数量立方根的最小数。

表 7 验收试验

序号	试验项目	试验依据	试验方法	试品	
				不带支撑件间隙的 EGLA	带支撑件间隙的 EGLA
1	密封试验	6.16	8.14	SVU 或 SVU 元件	
2	直流参考电压试验	6.8	8.12	SVU 或 SVU 元件	
3	0.75 倍直流参考电压下漏电流试验	6.14	8.13	SVU 或 SVU 元件	
4	标称放电电流下残压试验	6.2	8.3	SVU 或电阻片	
5	局部放电试验	6.9	8.15	SVU 或 SVU 元件	
6	间隙距离检查	6.11	8.11	SVU 或 SVU 元件	EGLA
7	外观检查	6.13	8.11	SVU 或 SVU 元件	EGLA

注:对于固定间隙的 EGLA,要测量 EGLA 间隙距离是否符合制造商宣称的间隙距离范围。

了解仪器热线13402079333栗先生

11 抽样试验和定期试验

11.1 抽样试验

本文件的抽样试验用于制造商的质量控制,主要对电阻片、SVU、SVU 比例单元和 EGLA 进行,应按批次抽取试品,试验项目、试品数量见表 8。抽样试验用试品不应再供给用户。

表 8 抽样试验

序号	试验项目	试验依据	试验方法	试品	备注
1	大电流冲击耐受试验	6.3	8.5	1 只~3 只电阻片 2 只~3 只 SVU 或 SVU 比例单元	按批抽取, 至少半年抽取 1 次
2	重复转移电荷试验	6.4	8.6	1 只~10 只电阻片 2 只~3 只 SVU 或 SVU 比例单元	按批抽取, 至少半年抽取 1 次
3	密封试验	6.16	8.14	额定电压 84 kV 及以上 1 只 SVU 或 SVU 元件,其余 3 只	按批抽取, 至少半年抽取 1 次
5	机械负荷试验	6.6	8.9	SVU 或 SVU 元件	按批抽取

11.2 定期试验

制造商应每 5 年做一次定期试验,长期停产后恢复生产时也应做定期试验。定期试验是从正常生产的产品中抽取,并按表 9 的要求进行试验。

表 9 定期试验

序号	试验名称	试验数据	试验方法	试品
1	残压试验	5.2	8.3	3 只 SVU 比例单元或 3 只 SVU
2	大电流冲击耐受试验	5.3	8.5	3 只 SVU 比例单元或 3 只 SVU
3	重复转移电荷试验	6.4	8.6	按要求
4	机械负荷试验	6.6	8.9	按要求
5	气候老化试验	6.7	8.10	按要求
6	放电电压试验	6.17	8.4	1 只 EGLA

附 录 A
(资料性)

本文件章条编号与 IEC 60099-8:2017 章条编号对照

表 A.1 给出了本文件章条编号与 IEC 60099-8:2017 章条编号对照一览表。

表 A.1 本文件章条编号与 IEC 60099-8:2017 章条编号对照

本文件章条编号	对应的 IEC 60099-8:2017 章条编号
1	1
2	2
3.1~3.2	3.1~3.2
3.3~3.4	—
3.5~3.9.1	3.3~3.7
3.9.2	—
3.10.1	3.8
3.10.2	—
3.11~3.24	3.9~3.22
3.25	—
4	4
5	5
6.1.1~6.1.2	6.1.1~6.1.2
6.1.3	—
6.2~6.5	6.2~6.5
6.6.1	6.6
6.6.2~6.6.4	—
6.7~6.8	6.7~6.8
6.8.3	—
6.9~6.13	6.9~6.13
6.14~6.22	—
7	7
8.1~8.2	8.1~8.2
8.3.1	8.3.1
—	8.3.2
8.3.2	—
8.3.3	8.3.3
—	8.3.4
8.4.1	8.4

表 A.1 本文件章条编号与 IEC 60099-8:2017 章条编号对照 (续)

本文件章条编号	对应的 IEC 60099-8:2017 章条编号
8.4.2	—
8.5	8.5
8.6	8.6.1
8.7~8.8	8.7~8.8
—	8.9.1
8.9.1	8.9.2
8.9.2	—
8.10	8.10
8.11~8.16	—
8.17	8.11
8.18~8.24	—
9	9
10	10.1
—	10.2~10.7
附录 A	—
附录 B	—
附录 C	附录 C
附录 D	8.6.2
附录 E	—
附录 F	10.5
附录 G	—
附录 H	—
附录 I	8.6.2
附录 J	附录 A
附录 K	附录 B

注：表中的章条以外的本文件其他章条编号与 IEC 60099-8:2017 其他章条编号均相同且内容相对应。

附录 B

(资料性)

本文件与 IEC 60099-8:2017 技术性差异及其原因

表 B.1 给出了本文件与 IEC 60099-8:2017 的技术性差异及其原因的一览表。

表 B.1 本文件与 IEC 60099-8:2017 技术性差异及其原因

本文件 条款编号	技术性差异	原因简述
范围	1. 增加了“交流 1 kV 以上”的描述； 2. 修改了国际标准中“保护线路绝缘子”为“保护线路绝缘(包括绝缘子和空气间隙)”； 3. 删除了“本文件不包括 EGLA 的外串联间隙与某个绝缘子并联安装的设计”； 4. 增加了本文件对“对于避雷器本体与间隙一体化设计,无法拆卸的带外串联间隙金属氧化物避雷器”适用性的说明	适应国内应用现状及产品制造
3	增加了规范性引用文件 GB/T 311.1—2012、GB/T 2900.12—2008、GB/T 2900.19—2022、GB/T 11032—2020、GB/T 26218.1—2010	适应国内应用现状及产品制造,增加相关的规范性引用文件
3.1	1. 增加了国际标准引言中的图 1 并修改； 2. 增加了带支撑件间隙的 EGLA 结构的图例	便于直观理解和适应国内应用现状及产品制造
3.3	增加了“串联间隙”术语	适应国内应用现状及产品制造
3.4	增加了“绝缘支撑件”术语	适应国内应用现状及产品制造
3.8	将 IEC 60099-8:2017 的“3.6 额定电压”定义修改为“能够可靠通断工频续流的 EGLA 两端最大工频电压有效值”	适应国内应用现状及产品制造
3.9	将 IEC 60099-8:2017 的“3.7 SVU 的参考电压”修改为“3.9.1 SVU 的工频参考电压”和“3.9.2 SVU 的直流参考电压”,并增加定义	适应国内应用现状及产品制造
3.10	将 IEC 60099-8:2017 的“3.8 SVU 的参考电流”修改为“3.10.1 SVU 的工频参考电流”和“3.10.2 SVU 的直流参考电流”,并增加定义	适应国内应用现状及产品制造
3.25	增加了“拉伸负荷”术语	适应国内应用现状及产品制造
4.1	增加了“避雷器型号”“间隙距离及偏差范围”； 删除了“系列分类信息中的 Y2”等	1. 适应国内应用现状及产品制造 2. 不适合我国电网运行实际情况
4.2	删除了表 1 中“EGLA 分类中的 Y 系列”等相关规定值,并在增加备注中解释原因	不适合我国电网运行实际情况
5.1	将 IEC 60099-8:2017 表 2 中的“>396”修改为“>396~768”	体现目前我国产品的实际领先水平
5.3	增加了一个标准标称放电电流“30 kA”	体现目前我国产品的实际领先水平
5.4.1	1. 删除了 IEC 60099-8:2017 中的“e) 机械条件”及“注”； 2. 将 IEC 60099-8:2017 中的“f) 风速”修改为“风速,不大于 34 m/s”； 3. 增加了“地震烈度 7 度及以下地区”“覆冰厚度不大于 20 mm”	保留 GB/T 11032—2020 的规定
6.1.1	删除了 IEC 60099-8:2017 中“b) Y 系列”等相关内容	不适合我国电网运行实际情况

表 B.1 本文件与 IEC 60099-8:2017 技术性差异及其原因 (续)

本文件 条款编号	技术性差异	原因简述
6.1.2	增加了“经供需双方同意,对于中性点非有效接地系统,工频电压湿耐受值不应低于系统最高工频过电压的 1.2 倍;对于中性点有效接地系统,工频电压湿耐受值不宜低于系统最高工频过电压,对于 750 kV 及以上电压等级的线路避雷器不应低于系统最高运行电压的 1.1 倍。”	适应国内应用现状及产品制造
6.1.3	增加了在 SVU 正常时 EGLA 的绝缘性能要求	适应国内应用现状及产品制造
6.2	1. 增加了“当无法获取避雷器的最大残压时,比例系数可以等于制造商宣称的避雷器直流参考电压最大值与比例单元直流参考电压之比。”; 2. 增加了“典型避雷器的残压值应满足表 E.1 要求值”; 3. 增加了“残压试验中,试品不应有任何击穿、闪络或开裂,电流、电压波形图上不应显示任何击穿的现象。”	适应国内应用现状及产品制造
6.3	增加了“对于标称放电电流 30 kA 的 SVU,应能耐受 3 次大电流冲击的放电动作。”	体现目前我国产品的实际领先水平
6.5	1. 将“包括间隙元件和安装件的完整 EGLA 应能耐受至少同样的机械力。”修改为“包括间隙元件和安装件的完整 EGLA 应能耐受至少同样的机械力。” 2. 增加了“6.6.2 额定拉伸负荷”“6.6.3 额定弯曲负荷”“6.6.4 振动负荷”的要求	适应国内应用现状及产品制造
6.8	将 IEC 60099-8:2017 的“6.8 SVU 的参考电压”的内容修改为“6.8.1 通断”“6.8.2 SVU 的工频参考电压”和“6.8.3 SVU 的直流参考电压”,并增加定义	适应国内应用现状及产品制造
6.9	删除了 IEC 60099-8:2017 中“按照 9.1 和 10.3 中的试验”的描述	与 GB/T 11032—2020 的规定保持一致
6.10	1. 删除了 IEC 60099-8:2017 中“对 Y 系列…”等相关内容; 2. 增加了“在可以确认 EGLA 以及被保护绝缘子产品的情况下,考核方式按照附录 F 进行”的描述	1. 不适合我国电网运行实际情况 2. 适应国内应用现状及产品制造
6.11	增加了“在额定电压下,EGLA 的放电动作峰值应在工频电压第一个半波内逐渐”的相关描述	有利于用户、制造商对文件的理解
6.12	1. 将 IEC 60099-8:2017 中“抗干扰试验不是必需的”修改为“无需进行抗干扰试验”; 2. 将“最大持续相对地系统电压”修改为“1.05 倍最大持续相对地系统电压”; 3. 将“最大无线电干扰水平应不超过 2 500 pV”修改为“最大无线电干扰水平应不超过 2 500 pV 且不应有可见电晕”; 4. 增加了“对于使用在 $U_0 \geq 72.5$ kV 系统中的 EGLA 应进行无线电干扰电压试验和可见电晕试验”	1. 适合中文的表达习惯 2. 适应国内应用现状 3. 适应国内应用现状 4. 适应国内应用现状
6.14	增加了“SVU 的 0.75 倍直流参考电压下漏电流”	适应国内应用现状及产品制造
6.15	增加了“SVU 复合外套及支撑件外观要求”	适应国内应用现状及产品制造

表 B.1 本文件与 IEC 60099-8:2017 技术性差异及其原因 (续)

本文件 条款编号	技术性差异	原因简述
6.16	增加了“SVU 的密封性能”	适应国内应用现状及产品制造
6.17	增加了“EGLA 冲击伏秒特性”	适应国内应用现状及产品制造
6.18	增加了“耐污性能”	适应国内应用现状及产品制造
6.19	增加了“间隙距离检查”	适应国内应用现状及产品制造
6.20	增加了“绝缘支撑件检查”	适应国内应用现状及产品制造
6.21	增加了“金具镀锌检查”	适应国内应用现状及产品制造
6.22	增加了“EGLA 的包装、运输和保管”	适应国内应用现状及产品制造
7.1	将 IEC 60099-8:2017 中的“IEC 60060-2 和 IEC 60099-4”修改为对应的“GB/T 16927.2”、“GB/T 16927.4”	适应国内应用现状及产品制造
7.2	1. 将 IEC 60099-8:2017 中的“b), c)”内容合并为 b) 2. 增加了“c)”内容	适应国内检验工作的实际情况, 进一步明确定义
表 3	增加了“外观检查、参考电压试验, 0.75 倍直流参考电压下漏电流试验、密封试验、局部放电试验、雷电冲击伏秒特性试验、无线电干扰电压、可见电晕试验、操作冲击耐受电压试验、统一爬电比距检查、间隙距离检查、支撑件工频耐受电压试验、支撑件陡波冲击电压试验”等项目及相应条款号。增加“不带支撑件间隙的 EGLA、带支撑件间隙的 EGLA”的试样要求	与 GB/T 11032—2020 的规定保持一致, 适应国内应用现状及产品制造
8.2.2.2	删除了 IEC 60099-8:2017 中“b) 对 Y 系列……”等相关内容	不适合我国电网运行实际情况
8.2.3.3 b)	将 IEC 60099-8:2017 中“试验电压是 1.2 倍 EGLA 额定电压”修改为“试验电压是表 E.3 中的电压值。”	适应国内应用现状及产品制造
8.2.3.3 c)	将 IEC 60099-8:2017 中的“IEC 60060-1”修改为对应的“GB/T 16927.1”	适应国内应用现状及产品制造
8.3.1	将 IEC 60099-8:2017 中有关“EGLA 的残压值”修改为“SVU 的残压值”	适应国内应用现状及产品制造
8.3.2	1. 删除了 IEC 60099-8:2017 中相关内容; 2. 增加了“8.3.2 试样”	1. 不适合我国电网运行实际情况 2. 明确试验试样要求
8.3.3	1. 删除了“8.3.3 中 2/20 波形要求”; 2. 删除了评价	1. 不适合我国电网运行实际情况 2. 不适合我国电网运行实际情况
8.4	删除了“如果没有按照 10.5 进行试验……应在无绝缘子串下进行”的描述	不适合我国电网运行实际情况
8.4.2	增加了“应对 EGLA 进行淋雨环境下的工频电压耐受试验。试验电压是表 E.3 中的电压值。试样是规定设计的具有最小间隙距离的 EGLA, 不包括绝缘子串。”	明确试验方法
8.5	删除了所有有关 2/20 波形的要求	适应国内应用现状及产品制造

表 B.1 本文件与 IEC 60099-8:2017 技术性差异及其原因 (续)

本文件 条款编号	技术性差异	原因简述
8.5.1	将 IEC 60099-8:2017 中“试品应是介电特性比例单元”修改为“试品应是介电特性比例单元或 SVU 或 SVU 元件。比例单元的额定电压应不低于 3 kV。经供需双方同意,介电特性比例单元的工频参考电压可以不低于 13 kV。 介电特性比例单元应满足下列要求:比例单元在截面尺寸、材料等方面应是 SVU 的复制。其应包含机械支撑结构,以及在避雷器中分布安装的部件(如支撑件和垫片),芯体周围应有与避雷器内部相同的介质。介电特性比例单元也可以是 SVU 或 SVU 元件。在试验报告中应附有介电特性比例单元的结构图。” 将 IEC 60099-8:2017 中“b)SVU 比例单元的参考电压 U_{ref} 宜等于 EGLA 的 SVU 的最小参考电压除以 n_r。”修改为“SVU 比例单元的参考电压 U_{ref} 应等于 EGLA 的 SVU 的最小参考电压除以 n_r。”	体现目前我国产品的实际领先水平
8.5.2	将 IEC 60099-8:2017 中“应对试品施加 2 次同样极性的大电流冲击”修改为“应对试品施加 2 次或 3 次同样极性的大电流冲击”	体现目前我国产品的实际领先水平
8.6	将 IEC 60099-8:2017 中的“8.6.2 间隙的重复转移电荷试验”内容移至附录 1	适应国内应用现状及产品制造
8.6.1	在 IEC 60099-8:2017 的基础上,增加了“经供需双方协商,重复转移电荷试验也可以在 3 只 SVU 上进行”	体现目前我国产品的实际领先水平
8.6.2	在 IEC 60099-8:2017 的基础上,增加了“经供需双方同意选择介电特性比例单元进行试验时,比例单元在截面尺寸、材料等方面应是 SVU 的复制。其应包含机械支撑结构,以及在避雷器中分布安装的部件(如支撑件和垫片),芯体周围应有与避雷器内部相同的介质。介电特性比例单元也可以是 SVU 或 SVU 元件。在试验报告中应附有介电特性比例单元的结构图。经供需双方同意,介电特性比例单元的工频参考电压可以不低于 13 kV。”	体现目前我国产品的实际领先水平
图 2	增加了“3 只 SVU 均应耐受 20 次冲击电流,否则试验不通过。”	体现目前我国产品的实际领先水平
8.6.3	将“d)试品为电阻片时,每次冲击的电荷量不小于 1.1 倍的额定重复转移电荷”修改为“试品为电阻片时,每次冲击的电荷量不小于 1.1 倍的额定重复转移电荷。试品为 SVU 或 SVU 元件或介电特性比例单元时,每次冲击的电荷量不小于额定重复转移电荷。”	明确试验要求
8.6.4	增加了“3 只 SVU 均应耐受 20 次冲击电流,否则试验不通过。”	体现目前我国产品的实际领先水平
8.7.2.3.2	将 IEC 60099-8:2017 中注的内容更改为正文,并将“典型的初始电流宜在 (5~10) mA/cm ² 范围内。”修改为“典型的初始电流应在 (5~10) mA/cm ² 范围内。”	符合我国标准化文件的编写要求
8.7.4.2	将 IEC 60099-8:2017 中“该试验的持续时间可以限制到足以测量预期电流波形峰值及对称分量所需的最少时间。”修改为“该试验的持续时间应限制到足以测量预期电流波形峰值及对称分量所需的最少时间。”	适应国内应用现状及产品制造

表 B.1 本文件与 IEC 60099-8:2017 技术性差异及其原因 (续)

本文件 条款编号	技术性差异	原因简述
8.7.5	将 IEC 60099-8:2017 中“试验应在任何能够产生通过 SVU 试品电流等于 $800\text{ A} \pm 200\text{ A}$ (有效值) 的试验回路上进行,”修改为“试验可以在任何能够产生通过 SVU 试品电流等于 $800\text{ A} \pm 200\text{ A}$ (有效值) 的试验回路上进行,”	适应国内应用现状及产品制造
表 5	增加了脚注“在这种情况下,大电流试验不做要求。”	适应国内应用现状及产品制造
8.8.2.2 a)	1. 将 IEC 60099-8:2017 中“电阻片柱”修改为“电阻片元件”; 2. 将 IEC 60099-8:2017 中“如果整只 EGLA 的额定电压大于 12 kV ,试品的额定电压应不低于 12 kV ,”修改为“EGLA 比例单元的 50% 雷电冲击放电电压等于制造商宣称的 EGLA 最小间隙距离时的 50% 雷电冲击放电电压除以 n ,且 U_0 应不小于 90 kV 。”	1. 与 3.2 的定义保持一致; 2. 适应国内检验工作的实际情况及产品制造,更便于实际操作
8.8.2.2 c)	将 IEC 60099-8:2017 中“c) 试品比例单元 SVU 的参考电压 U_{ref} 应等于 EGLA 的 SVU 的最小参考电压除以 n ,”修改为“c) 试品比例单元 SVU 的参考电压 U_{ref} 应等于 EGLA 的 SVU 的最小参考电压除以 n 。”	适应国内应用现状及产品制造
8.8.3.2 b)	将 IEC 60099-8:2017 中“如果整只 EGLA 的额定电压大于 12 kV ,试品的额定电压应不低于 12 kV ,”修改为“EGLA 比例单元的 50% 雷电冲击放电电压等于制造商宣称的 EGLA 最小间隙距离时的 50% 雷电冲击放电电压除以 n ,且 U_0 应不小于 90 kV 。”	适应国内检验工作的实际情况及产品制造,更便于实际操作
8.9	1. 将 IEC 60099-8:2017 中的“8.9.2 振动试验”放至附录 D; 2. 增加了“8.9.2 拉伸负荷试验”; 3. 5 Hz kV 修改为 40.5 kV ,适用于全文; 4. 删除 IEC 60099-8:2017 中 8.9.2.3.3.4 的内容	适应国内应用现状及产品制造
8.9.1.3.1	将 IEC 60099-8:2017 中“——三只试品耐受试验负荷等于规定长期负荷(SLL)的 $1\ 000$ 次循环试验; ——对两只试品进行静态弯曲负荷试验,试验负荷等于规定的短期负荷(SSL),如 K.2 的 100% 值,以及第 3 个样品按 8.9.1.3.3.2 进行的热机预处理试验;”修改为“——三只试品应耐受试验负荷等于规定长期负荷(SLL)的 $1\ 000$ 次循环试验; ——对两只试品应进行静态弯曲负荷试验,试验负荷等于规定的短期负荷(SSL),如 K.2 的 100% 值,以及第 3 个样品按 8.9.1.3.3.2 进行的热机预处理试验;”	适应国内应用现状及产品制造
8.9.1.3.2 b)	将 IEC 60099-8:2017 中“试验可能会因设备维护而中断,但中断时间不超过 4 h ,中断结束后立即恢复试验,循环可认为有效。”修改为“试验可能会因设备维护而中断,但中断时间不超过 4 h ,中断结束后应立即恢复试验,循环可认为有效。”	适应国内应用现状及产品制造
图 8	将“ ≤ 3 倍时间常数”修改为“ $\leq 8\text{ h}$ ”	适应国内检验工作的实际情况及产品制造,更便于实际操作

表 B.1 本文件与 IEC 60099-8:2017 技术性差异及其原因 (续)

本文件 条款编号	技术性差异	原因简述
8.9.1.3.4	将 IEC 60099-8:2017 中“在 $0.75U_{m0}$ 下测量功率损耗或阻性电流, 相对于初始测量值的增加值不大于 20 mW/kV (在 U_0 下测量) 或者变化不大于 20% 。试验时在与初始测量时的环境温度差不超过 3 K 的环境下进行;”修改为“在 $0.75U_{m0}$ 下测量功率损耗或阻性电流, 相对于初始测量值的增加值应不大于 20 mW/kV (在 U_0 下测量) 或者变化不大于 20% 。试验时应在与初始测量时的环境温度差不超过 3 K 的环境下进行;”	
8.10.5.3	将 IEC 60099-8:2017 中的 ISO 4287 修改为 GB/T 3505	适应国内应用现状及产品制造
8.11	增加“外观检查”	适应国内应用现状及产品制造
8.12	增加“参考电压试验”	适应国内应用现状及产品制造
8.13	增加“0.75 倍直流参考电压下漏电流”	适应国内应用现状及产品制造
8.14	增加“密封试验”	适应国内应用现状及产品制造
8.15	增加“局部放电试验”	适应国内应用现状及产品制造
8.16	增加“雷电冲击伏秒特性试验”	适应国内应用现状及产品制造
8.17	增加“无线电干扰电压试验”	适应国内应用现状及产品制造
8.18	增加“可见电晕试验”	适应国内应用现状及产品制造
8.19	增加“操作冲击电压耐受试验”	适应国内应用现状及产品制造
8.20	增加“统一爬电比距检查”	适应国内应用现状及产品制造
8.21	增加“间隙距离检查”	适应国内应用现状及产品制造
8.22	增加“支撑件工频耐受电压试验”	适应国内应用现状及产品制造
8.23	增加“支撑件陡波冲击电压试验”	适应国内应用现状及产品制造
8.24	增加“金具镀锌检查”	适应国内应用现状及产品制造
9	重新编辑该内容, 将其内容增加后汇总并增加“表 8 例行试验”表格	与 GB/T 11032—2020 的规定保持一致, 适应国内应用现状及产品制造
10	将 10.5 放至附录 F, 删除“10.5”外的其他内容并重新增加“表 7 验收试验”	验收试验内容不适合我国电网运行实际情况, 重新规定适合我国应用现状的验收试验要求
11	增加“抽样试验及定期试验”	与 GB 11032—2010 的规定保持一致, 适应国内应用现状及产品制造
附录 E	增加“典型的 EGLA 的电气参数”为规范性附录	根据我国产品制造及应用现状而规定, 便于产品考核与验收
附录 F	将原 10.5 内容移至附录 F“绝缘子耐受和 EGLA 保护水平之间的配合试验”, 将其作为规范性附录	根据我国产品制造及应用现状而规定, 便于产品考核与验收

附录 C
(规范性)
异常运行条件

下述典型的异常运行条件,在避雷器制造和使用时需要特殊考虑,并应引起制造商的注意。

- a) 温度高于+40℃或低于-40℃。
- b) 使用地区海拔超过1 000 m。
- c) 能引起绝缘表面或安装金具劣化的烟尘或蒸汽。
- d) 因烟雾、灰尘、盐雾或其他导电物引起的严重污秽。
- e) 过度暴露严重湿气、潮气、降水或蒸汽中。
- f) 避雷器带电冲洗。
- g) 由粉尘、气体或烟雾组成的爆炸性混合物。
- h) 异常机械条件(地震烈度7度以上地区,振动,最大风速超过34 m/s,覆冰厚度超过20 mm及高弯曲负荷等)。
- i) 异常运输和贮存。
- j) 标称频率低于48 Hz或高于62 Hz。
- k) 避雷器靠近热源。
- l) 避雷器的扭转负荷。
- m) 避雷器用于机械支撑。

附录 D

(规范性)

振动试验

D.1 通则

试验验证 SVU 耐受制造商规定的振动特性。试验在 1 只 SVU 上进行。试验验证 SVU 以及与 SVU 相连的外串联间隙电极, 安装件能够耐受运行中预期的振动特性。

振动试验应在放电间隙上进行。机械应力与 SVU 所要求的应力应可比较, 试品安装条件应由供需双方同意。

D.2 试品准备

试品应装配所有的内部部件。

试验前, 应按下列顺序进行试验。

——按顺序进行下列电气试验:

- 1) 按 8.15 进行局部放电试验;
- 2) 0.01 倍~1 倍标称放电电流下的残压试验; 电流波形应在 $T_1/T_2 = (4 \sim 10)/(10 \sim 25) \mu\text{s}$ 的范围内。

——对于有封闭气体空间和独立密封系统的避雷器, 进行密封试验。

在型式试验中, 如果已经进行了上述试验, 则不必重复进行上述试验。

D.3 试验程序和试验条件

试验程序和试验条件如下:

- 安装条件: 按最严格的方式安装
- 负荷: 最大规定质量的负荷或实际电极
- SVU 自由端的加速度: $1g$
- 摆动数: 1×10^5 次
- 频率: SVU 的共振频率
- 摆动方向: 相对试品轴线最严格方向

注: 供需双方同意, 能采用其他不同于 $1g$ 的加速度值。

D.4 试验判定

试验后, 应重复进行 D.2 的试验。

如果满足下列条件, 则证明整只 SVU 通过了试验。

- a) 在 $0.75U_{m1}$ 下测量局部放电量不超过 10 pC 。
- b) 对具有封闭气腔和独立密封系统的 SVU, 样品按 8.14 通过了密封试验。
- c) 在与初始测量时相同的电流幅值和波形下, 测量整只试品残压, 残压变化不大于 5%。
- d) 连续两次标称放电电流冲击下的残压变化不大于 2%, 并且在试品的电压和电流示波图上不应出现任何部分或者全部下降的现象, 冲击电流的波形应在 $T_1/T_2 = (4 \sim 10)/(10 \sim 25) \mu\text{s}$ 的范围内, 两次电流冲击间的间隔时间为 $50 \text{ s} \sim 60 \text{ s}$ 。

e) 在两次残压试验前和试验后测量的工频参考电压变化不大于2%。

注：如果特别长的避雷器可以拆开取出电阻片，该部分验证试验将单独在电阻片或者电阻片柱上进行。如果无法拆开取出电阻片，将在避雷器的绝缘外套上钻孔，用导线与串联在电阻片柱中的金属垫片连接，这样可以在短的避雷器单元上进行试验。

附录 E
(规范性)
典型的 ECLA 电气参数

表 E.1 给出了典型的 SVU 电气参数,表 E.2 给出了典型线路避雷器的额定重复转移电荷,表 E.3 给出了典型的 ECLA 绝缘参数。

表 E.1 典型的 SVU 电气参数

单位为千伏

系统 标称 电压 (有效 值)	ECLA 额定 电压 (有效 值)	SVU ^a 参考 电压 (有效 值)	标称放电电流 30 kA 等级		标称放电电流 20 kA 等级		标称放电电流 10 kA 等级		标称放电电流 5 kA 等级	
			雷电冲 击电流 残压	直流 参考 电压	雷电冲 击电流 残压	直流 参考 电压	雷电冲 击电流 残压	直流 参考 电压	雷电冲 击电流 残压	直流 参考 电压
			(峰值) 不小于	(峰值) 不大于	(峰值) 不小于	(峰值) 不大于	(峰值) 不小于	(峰值) 不大于	(峰值) 不小于	(峰值) 不大于
10	13	13					40.0	20.0	40.0	20.0
10	17 [*]	17					50.0	25.0	50.0	25.0
20	26	26					72	37	72	37
35	42	42					120	60	120	60
35	51 [*]	51					134	73	134	73
66	69 [*]	69					198	100	198	100
66	75	75					218	108	218	108
110	90	90			260	130	260	130	260	130
110	96	96			280	140	280	140	280	140
110	102 [*]	102			296	148	296	148		
220	180	180			520	260	520	260		
220	192	192			560	280	560	280		
220	204	204			592	296	592	296		
330	264 [*]	264			710	374	710	374		
330	288	288			775	408	775	408		
500	396	396			1 050	561				
750	540	540			1 490	786				
750	588 [*]	588			1 608	832				
1 000	768	768	2 150	1 086	2 150	1 086				
^a 过度使用。										
^b 由于 ECLA 有串联间隙,SVU 的参考电压原则上可以取低于 ECLA 额定电压的数值,具体数值正在研究中。										

表 E.2 典型线路避雷器的额定重复转移电荷

系统标称电压 kV	标称放电电流 kA	避雷器规定电压 kV(有效值)	Q_{re} C
10~20	5	13~26	0.3
35		42~51	0.6
66		69~75	0.7
10~20	10	13~26	0.4
35		42~51	0.6
66		69~75	0.7
110~220		90~204	1.0
330		264~288	1.0
110~220	20	90~204	1.0
330		264~288	1.0
500		396	1.5
750		540~588	2.4
1 000	30	768	2.4

表 E.3 典型的 ECLA 绝缘参数

单位为千伏

系统标称电压 (有效值)	ECLA 工频湿耐受电压 (有效值)不小于	ECLA 本体故障后工频湿耐受电压 (有效值)不小于	ECLA 操作冲击湿耐受电压 (峰值)不小于
10	26	16	不适用
20	42	32	不适用
35	70	49	不适用
66	117	87	不适用
110	170	95	不适用
220	340	180	不适用
330	460	293	647
500	510	445	898
750	647	508	1 176
1 000	889	699	1 527

附录 F

(规范性)

绝缘子耐受和 ECLA 保护水平之间的配合试验

F.1 通则

用户应考虑绝缘子耐受和 ECLA 保护水平之间的配合。对实际系统被保护最短绝缘距离典型绝缘子串的 ECLA, 试验验证波前和标准雷电冲击放电电压的正确性。

试品是整只 ECLA 带并联连接的绝缘子。

F.2 波前冲击放电试验

按照表 F.1 视在波前陡度足够引起波前放电的波前雷电冲击电压应施加到试品上, 干燥条件下每个极性 5 次。

表 F.1 波前雷电冲击的波前视在陡度

ECLA 的额定电压 kV	波前视在陡度 kV/ μ s
$3 < U_n \leq 10$	$8.3 U_n$
$10 < U_n \leq 120$	$7.0 U_n$
$120 < U_n \leq 200$	$6.0 U_n$
$200 < U_n \leq 300$	1 300
$300 < U_n \leq 420$	1 300
$U_n > 420$	2 000

如果放电发生在外串间隙并在波前放电且绝缘子串没有发生闪络, 则 ECLA 通过了试验。

F.3 标准雷电冲击放电试验

F.3.1 试验目的

试验目的是确定 ECLA 提供给绝缘子的保护裕度。验证 50% 放电电压值 $U_{50\%,ECLA}$ 并确定 ECLA 放电电压与被保护绝缘子闪络电压之间的保护裕度足够。

F.3.2 试验程序

试验电压是标准雷电冲击电压 1.2/50。

按下列试验程序 a) 与 b) 进行:

- a) ECLA 的 50% 放电电压应按照 GB/T 16927.1 的升降法对每个极性进行。
- b) 在下面试验顺序中 ECLA 的串联间隙距离应增加到没有放电发生; 每个极性 15 次, 峰值等于 $(1+X \times \sigma)$ 倍 50% 放电电压的雷电冲击施加到试品, 参数 X, 规定了 ECLA 和绝缘子的保护裕度, 应由供需双方协商。最小的可接受值是 $X=1.3$ 。

注 1: 如果供需双方同意, 绝缘子串的 50% 闪络电压用升降法验证。

注 2: 保护裕度由 $U_{50\%,ECLA}$ 加上 X 倍标准偏差 $U_{50\%,ECLA}(1+X \times \sigma)$ 不高于被保护线路绝缘的 $U_{50\%,线路绝缘}$ 减去 X 倍标准偏差 $U_{50\%,线路绝缘}(1-X \times \sigma)$ 来得到。X 值及允许的绝缘子串闪络次数由供需双方同意。标准偏差 (σ) 对 1.2/50

冲击是3%。

注3: X 的推荐值是2.5。

F.4 试验判定

如果供需双方没有规定其他判据,在试验程序 a) 和 b) 期间绝缘子串没有发生闪络,则试品通过了试验。

附 录 G
(资料性)
EGLA 的包装、运输和保管

G.1 包装

EGLA 的包装应保证在运输中,不因包装不良而使产品损坏。复合外套 EGLA 的包装需符合 JB/T 9673 的规定。在包装箱上标明:

- a) 制造商名、产品名称及型号;
- b) 发货单位、收货单位及详细地址;
- c) 产品净重、毛重、体积等;
- d) “小心轻放”“向上”“防潮”等字样和标记,字样和标记需符合 GB/T 191—2008 的要求。

G.2 随产品提供的技术文件

随产品提供的技术文件有:

- a) 包装清单;
- b) 产品出厂合格证明书;
- c) 安装、使用说明书(每组 EGLA 附 1 份)。

G.3 运输和保管

整只产品或分别运输的部件和包装,都要适用运输、装卸的要求。如果产品对运输、装卸和保管有其他特殊要求时,制造商需在包装箱上明确标志。

复合外套 EGLA 在运输时严禁与酸碱等腐蚀性物品放在同一车厢内运输。保管时不与酸碱等腐蚀性物品放在同一库房中。

附录 H

(资料性)

一种典型的 ECLA 雷电冲击 50%放电电压

表 H.1 是一种典型 ECLA 正极性雷电冲击 50%放电电压推荐值，其计算条件以盘形悬式绝缘子数量和空气间隙距离为基础，因此其并不适用于所有线路避雷器。

表 H.1 一种典型的 ECLA 雷电冲击 50%放电电压

系统标称电压 (有效值)/kV	雷电冲击 50%放电电压正极性 (峰值)不小于/kV	线路绝缘水平计算条件
10	100	1 片绝缘子串联
20	160	2 片绝缘子串联
35	240	3 片绝缘子串联
66	400	5 片绝缘子串联
110	525	7 片绝缘子串联
220	900	13 片绝缘子串联
330	1 300	19 片绝缘子串联
500	1 760	28 片绝缘子串联
750	1 937	空气间隙, 4.2 m
1 000	2 500	空气间隙, 6.7 m

附录 1

(规范性)

串联间隙的重复转移电荷试验程序

1.1 通则

EGLA 的串联间隙应具有耐受雷电放电的能力。采用重复转移电荷试验来验证。经供需双方同意,可采用重复转移电荷试验来验证其耐受雷电放电的能力。

当避雷器的外串联间隙距离小于或等于 20 cm 时,需要进行此试验。

本试验是为了验证避雷器间隙在雷电放电时耐受重复转移电荷的能力。试验应在串联间隙上进行,施加的重复转移电荷量 Q_n 应不低于避雷器本体氧化锌电阻片耐受的重复转移电荷量 Q_{n0} 。

1.2 试验程序

试验程序见图 1.1。

初始试验 - 在正负极性的雷电冲击电压波形下测量间隙的 50% 放电电压,试验时,间隙距离应是设计的最小值。试验应根据 GB/T 16927.1 中的升降法进行。 - 为了施加雷电冲击放电,可以将间隙配置在电阻片的重复转移电荷试验中的其中一个试品上,为了试验中间隙可以击穿,间隙的距离可以调节至 10 mm 及以下。
施加 Q_n 20 次雷电冲击放电
试验后测量: 在正负极性的雷电冲击电压波形下重新测量间隙的 50% 放电电压。

图 1.1 串联间隙的重复转移电荷试验程序

1.3 试验评价

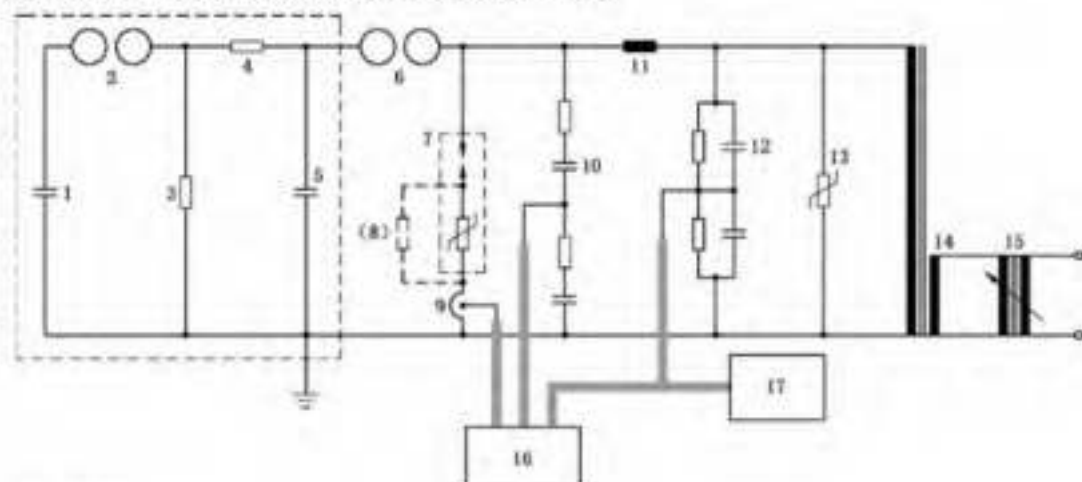
试验前后,每个极性的 50% 雷电放电电压变化率不超过 $\pm 10\%$ 。

附录 J

(资料性)

续流遮断试验的典型试验回路

图 J.1 给出了 EGLA 续流遮断试验的典型试验回路。



标引序号说明：

- 1——冲击发生器的充电电容器；
- 2——冲击发生器的触发放电间隙；
- 3——冲击发生器的 1.2/50 波形波尾阻抗；
- 4——冲击发生器的 1.2/50 波形波头阻抗；
- 5——冲击发生器的负载电容；
- 6——截断球间隙；
- 7——试品；EGLA(SVU 加串联间隙)；
- 8——模拟 SVU 表面漏电流的并联线性电阻(仅适用于“试验方法 A”)；
- 9——电流互感器；
- 10——阻尼电容分压器；
- 11——电感；
- 12——混合阻容分压器；
- 13——用于保护高压试验变压器的金属氧化物避雷器；
- 14——高压试验变压器；
- 15——调压器；
- 16——三通道示波器；
- 17——峰值/ $\sqrt{2}$ 数字电压表。

图 J.1 续流遮断试验的典型试验回路

附录 K

(规范性)

机械性能

K.1 弯曲负荷试验

在多元件 SVU 情况下,每一个元件都应按图 K.1 进行弯曲负荷试验。所要求的负荷按下面给出的方法计算。如果元件仅长度不同,而材料及设计都相同,则不必对每一元件进行试验。

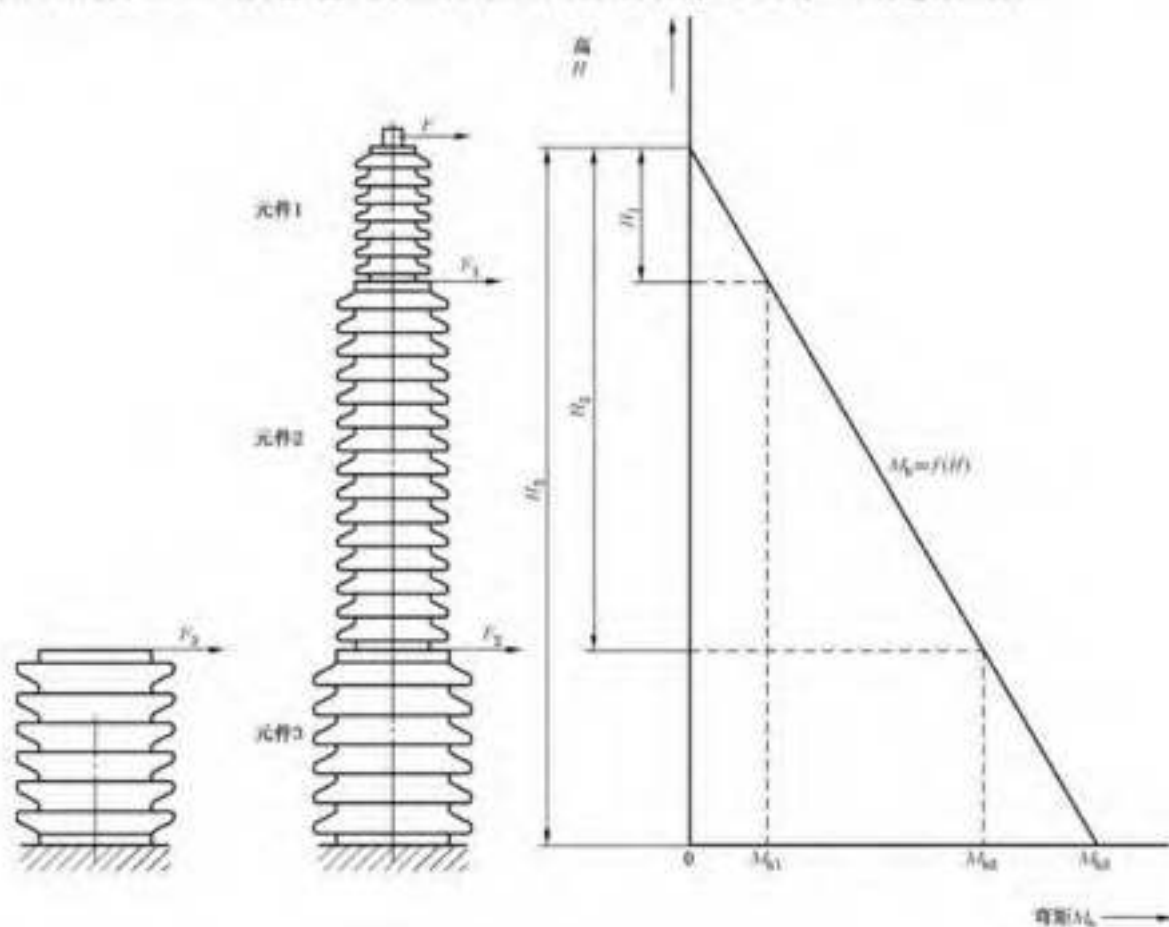


图 K.1 弯曲负荷试验——多元件 SVU

验证整只 SVU, 底部法兰的弯矩 $M_{h0} = F \times H$ 。

底部元件的顶部法兰弯矩 $M_{h2} = F \times H_2$ 。

如果单独验证一个元件(例如元件 3), 元件 3 底部法兰试验力 F_2 如式(K.1)、式(K.2)所示:

$$F_2 \times (H_3 - H_2) = F \times H_3 \quad \text{.....(K.1)}$$

$$F_2 = \frac{F \times H_3}{(H_3 - H_2)} \quad \text{.....(K.2)}$$

元件 3 的顶部法兰的试验应在相反位置的元件上试验, 元件 3 顶部法兰试验力 F_3 如式(K.3)、式(K.4)所示:

$$F_3 \times (H_3 - H_2) = F \times H_2 \quad \text{.....(K.3)}$$

$$F_s = \frac{F \times H_s}{(H_s - H_1)} \quad \dots\dots\dots (K.4)$$

K.2 机械负荷的定义

机械负荷的定义见图 K.2。

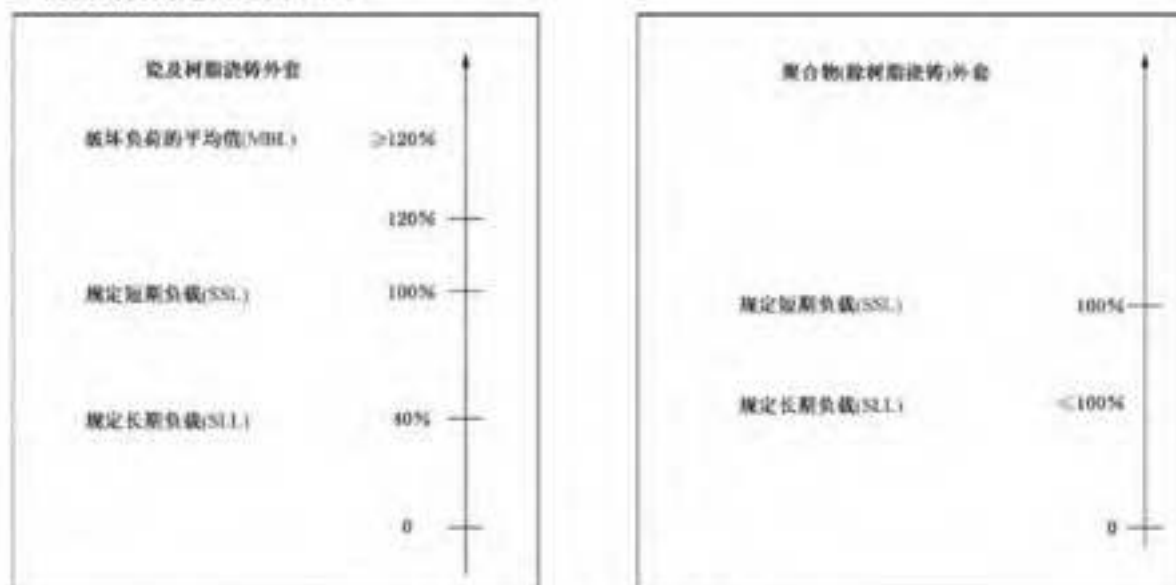


图 K.2 机械负荷的定义

K.3 密封泄漏率的定义

图 K.3 是 SVU 元件的示意图。

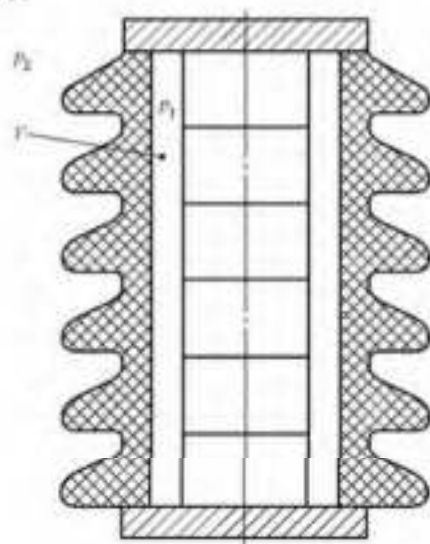


图 K.3 SVU 元件

密封泄漏率规定了最少 70 kPa 的压差时通过外壳密封装置单位时间内的气体数量。如果密封系统的效率与压力梯度的方向有关,则应考虑最坏的情况。

在 $|P_1 - P_2| \geq 70 \text{ kPa}$ 及温度为 $+20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 15 \text{ K}$ 下,漏率按式(K.5)计算:

$$\text{漏率} = \frac{\Delta P_1 \times V}{\Delta t} \quad \dots\dots\dots (K.5)$$

式中:

ΔP_1 ——等于 $P_1(t_2) - P_1(t_1)$;

$P_1(t)$ ——SVU 外套的内部的气体压力(Pa)和时间的函数;

P_2 ——SVU 外部的气体压力,单位为帕斯卡(Pa);

t_1 ——选定的时间间隔的起始时间,单位为秒(s);

t_2 ——选定的时间间隔的结束时间,单位为秒(s);

Δt ——等于 $t_2 - t_1$,单位为秒(s);

V ——SVU 的内部的气体体积,单位为立方米(m^3)。

K.4 风弯矩的计算

图 K.4 是已组装避雷器的示意图。

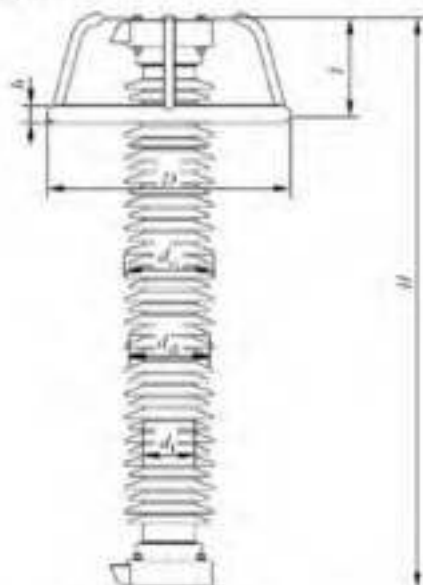


图 K.4 避雷器的尺寸

风弯矩 M_w 由式(K.6)给出:

$$M_w = P \times H \times d_s \times C \times \frac{H}{2} + P \times D \times h \times (H - I) \quad \text{..... (K.6)}$$

式中:

M_w ——由风造成的弯矩($\text{N} \cdot \text{m}$);

H ——避雷器的高度(m);

d_s ——外套直径的平均值(m), $d_s = (2d_1 + d_{d1} + d_{d2})/4$, 按 GB/T 26218.2 (对于不变伞, $d_{d1} = d_{d2}$);

h ——均压环的厚度(m);

D ——均压环的直径(m);

I ——均压环到顶部的距离(m);

C ——圆柱状零部件的阻力系数,等于 0.8;

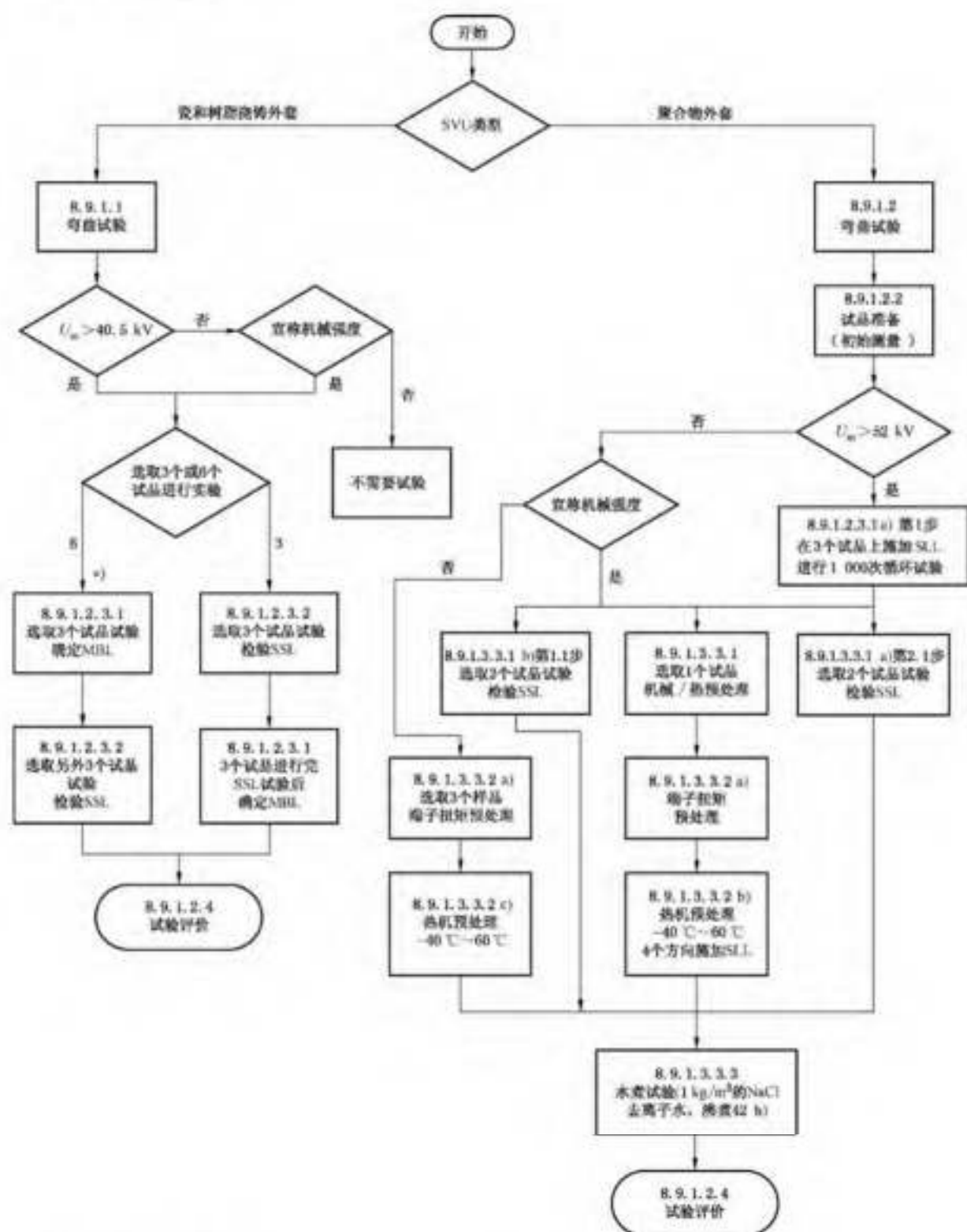
P ——风的动态压力(N/m^2), $P = (\rho_s/2) \times V^2$;

ρ_s ——在 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 及 0°C 时的空气密度,等于 $1.29 \text{ kg}/\text{m}^3$;

V ——风速(m/s)。

K.5 瓷/树脂浇铸和复合外套 SVU 的弯曲负荷试验的试验程序

瓷/树脂浇铸和聚合外套 SVU 的弯曲负荷试验的试验程序流程图见图 K.5。



*)可以任意顺序进行。

图 K.5 瓷/树脂浇铸和复合外套 SVU 的弯曲负荷试验的试验程序流程图

参 考 文 献

- [1] GB/T 191—2008 包装储运图示标志
- [2] GB/T 3505 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 术语、定义及表面结构参数
- [3] GB/T 6062 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 接触(触针)式仪器的标称特性
- [4] JB/T 7618 避雷器密封试验
- [5] JB/T 9673 绝缘子 产品包装
- [6] ISO 3724 Geometrical Product Specifications (GPS)—Surface texture: Profile method—Nominal characteristics of contact (stylus) instruments
- [7] ISO 4287 Geometrical Product Specifications (GPS)—Surface texture: Profile method—Terms, definitions and surface texture parameters
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
交流 1 kV 以上架空输电和配电线路用带外
串联间隙金属氧化物避雷器(EGLA)
GB/T 32520—2024

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址: www.spc.net.cn

服务热线: 400-168-0010

2024 年 3 月第一版

书号: 155066 • 1-74816

版权专有 侵权必究



GB/T 32520—2024