|  |
| --- |
|   |

T/CSEE

中国电机工程学会标准

T/CSEE XXXX-YYYY

|  |
| --- |
|       |

柔性低频交流输电系统高压电气设备 第4部分：低频避雷器技术规范

High voltage electrical equipment for flexible low frequency AC transmission system Part4: technical specification for low frequency metal oxide surge arrester

|  |
| --- |
|   |
|       |

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

中国电机工程学会   发布

目  次

[前言 III](#_Toc180401463)

[引言 IV](#_Toc180401464)

[1 范围 2](#_Toc180401465)

[2 规范性引用文件 2](#_Toc180401466)

[3 术语和定义 2](#_Toc180401467)

[4 标志和分级 5](#_Toc180401468)

[5 标准额定值和运行条件 6](#_Toc180401469)

[6 技术要求 6](#_Toc180401470)

[7 型式试验（设计试验） 10](#_Toc180401471)

[8 例行试验 13](#_Toc180401472)

[9 验收试验 13](#_Toc180401473)

[10 定期试验 14](#_Toc180401474)

[11 抽样试验 14](#_Toc180401475)

[附　录　A （规范性附录） 异常运行条件 15](#_Toc180401476)

[附　录　B （资料性附录） 包装、运输及保管 16](#_Toc180401477)

[B.1 包装 16](#_Toc180401478)

[B.2 随产品提供的技术文件 16](#_Toc180401479)

[B.3 运输和保管 16](#_Toc180401480)

[附　录　C （规范性附录） 避雷器型号编制命名规则 17](#_Toc180401481)

[附　录　D （规范性附录） 典型的避雷器参数 18](#_Toc180401482)

前  言

本文件按照《中国电机工程学会标准管理办法（暂行）》的要求，依据GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写》的规则起草。

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这些专利的责任。

本文件由中国电机工程学会本标准高电压专业委员会提出并解释。

本文件起草单位（包括第一承担单位和参加起草单位，按对标准的贡献大小排列）：

本文件主要起草人（按对标准的贡献大小排列）：

本文件为首次发布。

引  言

柔性低频输电频率低于工频，线路充电无功小、输送能力强，较直流输电，电流可过零开断，易组网，在中远距离海上风电等场景独具优势。低频高压电气设备是柔性低频交流输电系统关键组成部分，主要包括变压器、开关设备、互感器、避雷器、变压器套管、电缆等。国内已建成多个柔性低频输电示范工程，本系列文件旨在明确上述各电气设备的产品规范、试验及运维规程等，拟由9个部分构成：

—— 第1部分:低频变压器技术规范

—— 第 2.1 部分: 低频交流断路器技术规范

—— 第 2.2 部分: 具有预定极间不同期操作低频交流断路器技术规范

—— 第 3.1 部分: 低频电压互感器技术规范

—— 第 3.2 部分: 低频电流互感器技术规范

—— 第 4部分:低频避雷器技术规范

—— 第5 部分:低频变压器套管技术规范

—— 第6 部分:低频交流交联聚乙烯海底电缆试验规范

—— 第7部分:低频电气设备交接试验规程

—— 第8部分:低频电气设备预防性试验规程

—— 第9部分:低频电气设备运维规程

柔性低频交流输电系统高压电气设备 第4部分：低频避雷器技术规范

1. 范围

本文件规定了柔性低频交流系统用无间隙金属氧化物避雷器的标准额定值和运行条件、技术要求、试验要求等。

本文件适用于为限制35kV-220kV柔性低频交流输电系统瞬态过电压而设计的GIS避雷器（以下简称避雷器），其他类型避雷器可参考使用。

1. 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 7674 额定电压72.5 kV及以上气体绝缘金属封闭开关设备

GB/T 8905六氟化硫电气设备中气体管理和检测导则

GB/T 11032-2020 交流无间隙金属氧化物避雷器

GB/T 12022 工业六氟化硫

GB/T 26218.1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

GB/T 16927.1 高电压试验技术 第一部分：一般试验要求

GB 50150 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准

JB/T 7617 六氟化硫罐式无间隙金属氧化物避雷器

IEC 60099-4:2014 Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c.systems

1. 术语和定义

GB/T 11032界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

柔性低频交流输电系统 low frequency AC transmission system

频率低于50Hz的交流输电系统。

无间隙金属氧化物避雷器 metal-oxide surge arrester without gaps

由装在具有电气和机械连接端子外套中的非线性金属氧化物电阻片串联和（或）并联组成且无并联或串联放电间隙的避雷器。

[来源：GB/T 11032-2020，3.1]

气体绝缘金属封闭避雷器 gas-insulated metal enclosed surge arrester

GIS避雷器 GIS-arrester

气体绝缘金属封闭金属氧化物避雷器，没有任何串联或并联放电间隙，内部充以不同于空气的气体。

1. 气体压力通常超过1 bar=105 Pa。
2. 该避雷器用于气体绝缘开关设备中。

[来源：GB/T 11032-2020，3.8]

额定电压 rated voltage of an arrester



通过低频电压耐受时间特性试验和动作负载试验验证，允许施加到避雷器端子间持续10 s的最大低频过电压方均根值。

1. 额定电压是表明避雷器运行特性的一个参考参数。

[来源：GB/T 11032-2020，3.29]

持续运行电压 continuous operating voltage of an arrester



允许持久地施加在避雷器端子间的低频电压方均根值。

[来源：GB/T 11032-2020，3.31]

低频参考电压low-frequency reference voltage of an arrester

 

在避雷器流过低频参考电流时所测出的避雷器端子间的低频电压峰值除以。

1. 多元件串联避雷器的低频参考电压是整只避雷器测量的结果，如果是用每个元件低频参考电压之和代替，则应该充分考虑杂散电容对所测整只避雷器低频参考电压值的影响。
2. 低频参考电压的测量对动作负载试验中正确选择试品是必要的。

[来源：GB/T 11032-2020，3.35.1]

直流参考电压 DC reference voltage of an arrester



在避雷器流过直流参考电流时所测出的避雷器端子间直流电压平均值。如果电压与极性有关，则取低值。

1. 多元件串联避雷器的直流参考电压为每个元件直流参考电压之和。
2. 直流参考电压的测量对动作负载试验中正确选择试品是必要的。

[来源：GB/T 11032-2020，3.35.2]

残压 residual voltage of an arrester



放电电流流过避雷器时其端子间的电压峰值。

[来源：GB/T 11032-2020，3.38]

额定重复转移电荷 repetitive charge transfer rating



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。

1. 通过电流对时间的积分（绝对值）来计算电荷值。本标准中，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，并且接下来可在不少于60 s的时间间隔再次承受冲击电流。

[来源：GB/T 11032-2020，3.46]

额定热能量 thermal energy rating



在热稳定试验中，3 min内可以注入避雷器或避雷器比例单元而不会导致热崩溃的最大规定能量。用kJ/kV（）表示。

1. 额定热能量通过动作负载试验来验证。

[来源：GB/T 11032-2020，3.47]

低频电压耐受时间特性 low-frequency voltage versus time characteristic

在规定的条件下（见6.12），对避雷器施加不同的低频电压且不导致避雷器损坏或热崩溃所对应的最大持续时间。

1. 低频电压耐受时间特性也称为TOV耐受特性。

[来源：GB/T 11032-2020，3.53]

避雷器的热崩溃 thermal runaway of an arrester

当避雷器的持续功率损耗超过外套和连接件的散热能力而引起电阻片温度逐渐升高，最终导致避雷器损坏的情况。

[来源：GB/T 11032-2020，3.54]

避雷器的热稳定 thermal stability of an arrester

当避雷器在动作负载试验引起温度上升后，在规定的环境条件下对避雷器施加规定的持续运行电压过程中，电阻片的温度能随时间而降低的状态。

[来源：GB/T 11032-2020，3.55]

1. 标志和分级

避雷器标志

避雷器的铭牌上应至少包含以下信息：

1. 型号；
2. 持续运行电压；
3. 直流参考电压；
4. 额定频率；
5. 额定短路电流（kA），对于没有宣称短路额定值的避雷器，应以“0”值表示；
6. 制造商名称或商标；
7. 制造年、月；
8. 编号；
9. 20℃时绝缘气体的额定密度（或额定压力）。

如果铭牌有空间，还应包含：

1. 避雷器的等级；
2. 额定重复转移电荷；

避雷器分级

本文件不涉及GB/T11032-2020规定的配电类避雷器。

电站类避雷器的分类见表1，其试验要求和性能特性应至少符合表3的规定。

1. 避雷器分类

|  |  |
| --- | --- |
| 避雷器分类 | 电站类 |
| 等级 | SM | SL |
| 标称放电电流a | 10 kA | 10 kA | 5 kA |
| 操作冲击电流b | 1 kA | 0.5 kA | 0.5 kA |
| $\_{}$$\_{}$（C）c$\_{}$$\_{}$ | ≥1.6 | ≥1.0 | ≥0.8 |
| $\_{}$$\_{}$（kJ/kV）c$\_{}$$\_{}$ | ≥7 | ≥4 | ≥5 |
| 1. 字母M、L在等级栏中分别表示负载的高、中、低。
 |
| a其余电流值由制造商和用户协商规定，不同使用场合的典型避雷器标称放电电流值见GB/T 11032-2020。b其余电流值由制造商和用户协商规定，不同使用场合的典型避雷器操作冲击放电电流值见GB/T 11032-2020。c不同使用场合的避雷器额定重复转移电荷值、额定热能量值及额定热转移电荷见GB/T 11032-2020。  |

1. 标准额定值和运行条件

标准额定电压

避雷器的额定电压标准值为51kV、54kV、84kV、90kV、96kV、102kV、108kV、192kV、204kV、216kV，其他额定电压值也可以接受。

标准标称放电电流

本文件渉及的避雷器标准8/20标称放电电流为5kA、10kA。

正常运行条件

符合本标准的避雷器在下述正常运行条件下应能正常运行：

1. 环境温度在－40℃～＋40℃范围内；
2. 太阳光辐射；
3. 最大太阳辐射（1.1 kW/m2）的影响通过在型式试验中把试品预热的方法予以考虑。如果在避雷器附近有其它热源，避雷器的使用需经供需双方协商。
4. 长期施加在避雷器端子间的电压应不超过避雷器的持续运行电压；
5. 地震烈度Ⅶ度及以下地区；

注：在任何海拔下，GIS 内绝缘的绝缘特性与海平面上测得的相同。因而，对这种绝缘不应提出海拔方面的要求。

避雷器异常运行条件

除5.3条正常运行条件外的其它运行条件。避雷器在异常运行条件下，在设计、制造及使用时，应特殊考虑。在异常运行条件下，本文件的使用需经供需双方协商。异常运行条件见附录A。

1. 技术要求

避雷器的绝缘性能

1. 单相GIS避雷器

GIS避雷器金属外壳和内部部件之间的绝缘应能耐受下列电压：

——雷电冲击耐受电压为被保护设备的雷电冲击耐受电压，或者1.3倍避雷器雷电冲击保护水平，取两者的低值。

1. 对敞开式避雷器，因数1.3包括比标称放电电流更高的放电电流及大气条件的变化。对GIS避雷器，虽然与大气条件不相关，但仍保留因数1.3以提供更高的安全性。

——低频耐受电压为被保护设备的低频耐受电压，或者低频电压峰值等于1.2倍避雷器操作冲击保护水平，持续时间1 min，取两者的低值。

1. 三相GIS避雷器

三相GIS避雷器绝缘耐受电压见表2。

1. 10kA~~及20kA~~三相共箱GIS避雷器要求的耐受电压

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ~~电压（kV）~~ | 耐受电压类型 | 试验 | 注释 |
| ~~≤252~~ | 雷电冲击耐受电压 | 相对地及相间：被保护设备的耐受电压（见GB/T 311.1）或相对地：1.3×雷电冲击保护水平相间：1.3×雷电冲击保护水平+× | 取低值 |
| 低频耐受电压 | 相对地及相间：被保护设备的耐受电压（见GB/T 311.1）或相对地：=1.2×操作冲击保护水平相间：=1.2×操作冲击保护水平+× | 取低值 |

避雷器的低频参考电压

应在制造商规定的低频参考电流下测量避雷器（或避雷器元件）的低频参考电压，其值应不小于制造商规定的最小交流参考电压值，并应在制造商的资料中公布。

避雷器的直流参考电压

应在规定的直流参考电流下测量避雷器（或避雷器元件）的直流参考电压，其值应不小于GB/T11032-2020附录D的规定，并应在制造商的资料中公布。

* 1. 残压

测量残压的目的是为了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，某种给定避雷器设计的最大残压可从型式试验时比例单元试验的残压乘以比例系数计算得出。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。典型的避雷器在陡波、雷电、操作冲击电流下残压值应不大于GB/T11032-2020附录D的规定。

对于列出的每种避雷器，制造商的资料里应该包含下列残压信息：

至少在0.5倍、1倍和2倍避雷器标称放电电流下的最大雷电冲击残压；

在表1中规定的操作冲击电流下的最大操作冲击残压；

在陡波冲击电流等于避雷器标称放电电流下的最大陡波冲击电流残压（不包括等效电感电压）；

在陡波冲击电流等于避雷器标称放电电流下的最大陡波冲击电流残压（包括等效电感电压），陡波冲击电流残压应等于最大陡波冲击电流残压（不包括等效电感电压）与等效电感电压之和。

避雷器端子间的等效电感电压由下列公式确定：

  (1)

式中：

*——*等效电感电压，kV；

*——*单位长度的电感值，µH/m，对GIS避雷器，**=0.3；

*——*避雷器端子间的高度减去电阻片高度，m；

*——*陡波冲击电流的波前时间，等于1 µs；

*——*标称放电电流，kA。

1. 等效电感电压仅在陡波冲击电流下变得显著，它实际上增加了避雷器的陡波冲击电流保护水平，超过了电阻片陡波冲击电流残压之和。对于希望进行绝缘配合研究的用户，需提供包含等效电感电压的最大的陡波冲击电流残压。
2. 对于多柱并联避雷器，计算用的电流值为规定的标称放电电流值除以避雷器并联柱数。
	1. 局部放电

GIS避雷器在1.1倍持续运行电压下的局部放电量不应大于10 pC。

* 1. 密封性能

GIS避雷器应有可靠的密封。在GIS避雷器寿命期间，不应因密封不良而影响GIS避雷器的运行性能。 GIS避雷器的相对年漏气率不大于0.5%/年。

* 1. 电流分布

制造商应规定多柱并联避雷器的电阻片柱（或避雷器元件）间允许的最大电流分布不均匀系数。电流分布最大不均匀系数应不大于1.10。

下列公式确定电流分布不均匀系数：

  (2)

式中：

*——*并联柱数；

*——*通过电阻片柱或避雷器元件最大的电流峰值；

*——*通过避雷器的总电流。

* 1. 热稳定性

经供需双方协商，可按10.2进行特殊的热稳定试验。

* 1. 长期稳定性

应对电阻片进行加速老化试验，以提供避雷器在整个预期寿命期间电阻片将会呈现稳定性的保证。

若系统电压谐波的影响不能忽略，还应考虑谐波的影响。

* 1. 散热特性

涉及热稳定试验所用的比例单元应有合适的散热特性，以确保不会导致对避雷器性能的不当评价。比例单元的散热特性应通过试验来验证。

* 1. 重复转移电荷耐受

在型式试验时，避雷器应通过重复转移电荷耐受的考核。

重复转移电荷试验在电阻片上进行。

1. 可能存在某些特殊应用，单次冲击的转移电荷产生的能量高于额定热能量。
	1. 动作负载

避雷器应能耐受操作冲击的能量或者雷电冲击的转移电荷，并且在接下来施加的暂时过电压和随后施加的持续运行电压的情况下能够热稳定。这种能力通过动作负载试验来验证。

* 1. 交流电压耐受时间特性

制造商应提供，按照要求预热避雷器到起始温度，在没有预注能量（或电荷）负载时和预注额定热能量（或额定热转移电荷）负载时，在不发生损坏或热崩溃的情况下，允许施加到避雷器上的交流电压持续时间以及相应电压值的数据。

上述信息应以交流电压耐受时间特性曲线（TOV曲线）表示，并且在曲线上注明施加交流电压前的能量（或电荷）负载情况。

交流电压耐受时间特性（TOV试验）应在热比例单元上进行验证。

* 1. 短路性能

GIS避雷器金属外壳的设计应符合GB/T 7674—2020的5.103和GB/T 3906—2020的5.102要求。如果满足上述要求，并且GIS避雷器的外壳安装有与连接的开关设备相同的压力释放装置，不用进行短路试验。

如果GIS避雷器具有独立气室，所装的压力释放装置有别于开关金属壳体上的压力释放装置，在这种情况下，仅需要进行额定短路电流试验。

* 1. 寿命终止

按照用户要求，以及国际和国家法律规定，制造商应给出所有避雷器零部件报废和（或）循环利用的足够信息。

* 1. 持续电流

在持续运行电压下通过避雷器的持续电流应不超过规定值，该值由制造商规定和提供。

* 1. 0.75倍直流参考电压下漏电流

0.75 倍直流参考电压下漏电流通常不超过50μA。

* 1. 大电流冲击耐受

大电流冲击耐受用于抽样试验、动作负载试验及内部零部件的绝缘耐受试验。

标称放电电流5kA等级的避雷器，大电流冲击耐受值不小于65kA；

标称放电电流10kA及以上等级的避雷器，大电流冲击耐受值不小于100kA。

* 1. 包装、运输和保管

避雷器的包装、运输和保管见附录B。

* 1. 外壳要求
		+ 1. 壳体设计

GIS避雷器的金属壳体应设置牢固的接地装置，金属壳体应能承受运行中出现的正常和瞬时的压力。

金属壳体的设计应符合GB/T 7674—2020的5.103和GB/T 3906—3906的的要求。不论焊接或铸造的外壳，其厚度和结构的设计计算，应按压力容器要求进行，并应考虑振动、温度变化、短路电流的作用和气候条件的影响。

* + - 1. 壳体强度试验

试验要求如下：

1. 破坏压力试验

 应符合GB/T 7674—2020的6.103的要求。

1. 非破坏性压力试验

应符合GB/T 7674—2020的6.103的要求。

* + - 1. 壳体检验

对焊接壳体的焊缝，除无法探伤部位外，应按规定进行无损探伤检查。

* + - 1. 防爆膜要求

当壳体加装防爆膜压力释放装置时，其动作压力和壳体的额定压力的关系要适当配合以防止防爆膜误动作。

* + - 1. 认证书

壳体制造厂需提供壳体材料的材质检验报告。

* 1. 绝缘气体的额定密度（额定压力）和最低功能密度（最低功能压力）

GIS避雷器的额定密度（额定压力）由制造厂宣称。

GIS避雷器的最低功能密度（最低功能压力）由制造厂宣称。低于此密度（压力）值，GIS避雷器的额定特性不能保证。

绝缘气体的额定密度（压力）和最低功能密度（压力）可用(定体积下＞20℃时相应的气体密度（压力）来表示。

* 1. 绝缘气体的要求

制造厂应规定GIS避雷器所用气体的类型、数量、质量和密度。且应给用户提供更换气体和保持其要求的数量和质量所必须的指导性文件。

对充SF6气体的GIS避雷器，新的SF6气体应满足GB/T 12022 的规定。GIS避雷器中的SF6气体的湿度应满足GB/T 8905的规定，GIS避雷器中SF6气体湿度的交接验收值不大于250 μL/L，运行中SF6气体的质量要求，由用户和制造商商定。

* 1. 运输振动性能

GIS避雷器的结构应牢固，满足运输的要求而不损坏。

1. 型式试验（设计试验）

总则

测量设备及准确度、试品要求应满足GB/T 11032-2020第7章。

本条款规定的型式试验适用于GIS避雷器，按表5的规定进行型式试验。

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

1. 型式试验项目

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 试验名称 | 试验方法 | 试品 |
| 1 | 绝缘耐受试验a）雷电冲击电压试验b）低频电压试验 | 7.2 | 1只避雷器（除去内部电阻片） |
| 2 | 残压试验a）陡波冲击电流残压试验b）雷电冲击残压试验c）操作冲击残压试验 | 7.3 | 3只比例单元 |
| 3 | 长期稳定性试验 | 7.4 | 3只比例单元 |
| 4 | 重复转移电荷试验 | 7.5 | 按要求 |
| 5 | 散热特性试验 | 7.6 | 1只避雷器和1只比例单元 |
| 6 | 动作负载试验 | 7.7 | 3只比例单元 |
| 7 | 交流电压耐受时间特性试验 | 7.8 | 6只比例单元 |
| 8 | 短路试验 | 7.9 | 1只避雷器 |
| 9 | 密封试验 | 7.10 | 1只避雷器 |
| 10 | 内部部件绝缘耐受试验 | 7.11 | 1只比例单元 |
| 11 | 持续电流试验 | 7.12 | 1只避雷器 |
| 12 | 低频参考电压试验 | 7.13 |
| 13 | 直流参考电压试验a | 7.14 |
| 14 | 0.75倍直流参考电压下漏电流试验a | 7.15 |
| 15 | 局部放电试验 | 7.16 |
| 16 | 绝缘气体湿度试验 | 7.17 |
| 17 | 运输试验 | 7.21 |
| 18 | 壳体强度试验 | 7.19 | 1只壳体 |
| 1. 序号9、11、12、15、16、17项试验为同一试品。
 |
| 1. 在装配前的全部电阻片上进行。
 |

在不同的条款中规定了试品的数量和试验条件。基于相同的组件和相似的结构导致相同的性能特性，包括热耗散条件和内部气氛，只在安装方式或支撑结构布置不同的避雷器可认为是同一设计。

避雷器绝缘耐受试验

试验方法参照GB/T11032-2020，其中交流电源频率宜与工程实际一致。

残压试验

试验方法参照GB/T11032-2020。

长期稳定性试验

试验方法参照GB/T11032-2020，其中交流电源频率应与工程实际一致，必要时应考虑谐波的影响。

抽样试验可在工频电源下进行，电压幅值无需修正。

重复转移电荷试验

试验方法参照GB/T11032-2020。

散热特性试验

试验方法参照GB/T11032-2020，其中样品加热可以使用任意频率的交流电源。

动作负载试验

试验方法参照GB/T11032-2020。

其中热稳定试验中施加的交流电压频率宜于工程实际频率一致；受试验条件限制无法在工程实际频率下进行试验时，可用工频电源代替低频电源，电压幅值无需修正。

经供需双方协商，采用工频电源代替低频电源开展试验时，也可对施加电压幅值进行修正，但试验电压下样品功耗应不低于实际低频电压下的功耗。

* 1. 交流电压耐受时间特性

试验方法参照GB/T 11032-2020。

其中热稳定试验中施加的交流电压可用工频电源代替低频电源，电压幅值无需修增。

* 1. 短路电流试验

试验方法参照GB/T 11032-2020，其中施加的交流电压可用工频电源代替低频电源。

* 1. 密封性能试验

试验方法参照GB/T 11032-2020。

* 1. 内部部件绝缘耐受试验

试验方法参照GB/T 11032-2020。

* 1. 持续电流试验

试验方法参照GB/T11032-2020，其中交流电源耐频率宜与工程实际一致。

其中例行试验和验收试验可在工频电源下进行，电压幅值无需修正，但应记录试验电压频率。

* 1. 低频参考电压试验

试验方法参照GB/T11032-2020，其中交流电源频率宜与工程实际一致。

其中例行试验和验收试验可在工频电源下进行，但应记录试验电压频率。

* 1. 直流参考电压试验

试验方法参照GB/T 11032-2020。

* 1. 0.75倍直流参考电压下漏电流试验

试验方法参照GB/T 11032-2020。

* 1. 内部局部放电试验

试验方法参照GB/T11032-2020，其中交流电源频率宜与工程实际一致。

其中例行试验和验收试验可在工频电源下进行，电压幅值无需修正。

* 1. 电流分布试验

试验方法参照GB/T 11032-2020。

* 1. 大电流冲击耐受试验

试验方法应参照GB/T 11032-2020。

* 1. 壳体强度试验

试验方法应参照GB/T 11032-2020。

* 1. 绝缘气体湿度试验

试验方法应参照GB/T 11032-2020。

* 1. 运输试验

试验方法应参照GB/T 11032-2020。

* 1. 防腐蚀试验

若避雷器运行于海上风电平台或其他高盐高湿等环境下，应开展裸露部件的防腐蚀试验。试验方法应参照XXXXXXX。

* 1. 振动试验

避雷器在装卸、运输、安装过程及运行过程中，可能承受风浪、潮流等外部影响，因此设备应具有抗振动、抗变形的能力。试验方法参照标准GJB 150.16A-2009《军用设备实验室环境试验方法：振动试验》舰船振动试验的要求，也可由供需双方根据工程条件协商确定。

1. 例行试验

出厂的每只GIS避雷器应按表6的规定进行试验。如果GIS避雷器不满足表6中所规定的任何一项要求时，则此GIS避雷器认为不合格。

1. 例行试验项目

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 试验项目 | 试验方法 | 试品 |
| 1 | 持续电流试验 | 7.12 | 避雷器 |
| 2 | 标称放电电流残压试验 | 7.3 | 全部电阻片 |
| 3 | 低频参考电压试验 | 7.13 | 避雷器 |
| 4 | 直流参考电压试验 | 7.14 | 全部电阻片 |
| 5 | 0.75倍直流参考电压下漏电流试验 | 7.15 | 全部电阻片 |
| 6 | 密封试验 | 7.10 | 避雷器 |
| 7 | 局部放电试验 | 7.16 | 避雷器 |
| 8 | 壳体强度试验 | 7.19 | 壳体 |
| 9 | 绝缘气体湿度试验  | 7.20 | 避雷器 |

1. 验收试验
	* 1. 标准验收试验

当订货者在订货协议中规定有验收试验时，则应按不小于供货避雷器数量立方根的最小整数抽取试品进行试验，试验项目见表7。

1. 验收试验项目

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 试验项目 | 试验方法 | 试品 |
| 1 | 外观检查 | 10.3 | 避雷器 |
| 2 | 持续电流试验 | 7.12 | 避雷器 |
| 3 | 标称放电电流残压试验 | 7.3 | 电阻片 |
| 4 | 低频参考电压试验 | 7.13 | 避雷器 |
| 5 | 密封试验 | 7.10 | 避雷器 |
| 6 | 局部放电试验 | 7.16 | 避雷器 |
| 7 | 绝缘气体湿度试验 | 7.20 | 避雷器 |

* + 1. 特殊热稳定试验

试验方法应参照GB/T 11032-2020，试验频率参照7.7和7.8。

* + 1. 特殊验收试验

根据工程需要和供需双方协商，可参照7.22和7.23开展防腐蚀试验和振动试验。

* + 1. 外观检查

检查避雷器的外观、铭牌及其附件有无缺少或损坏。

1. 定期试验

为了控制产品质量，对于生产的产品必须5年做1次定期试验，长期停产后恢复生产时应作定期试验。定期试验是从正常生产的产品中抽取，按表8规定进行试验。

1. 定期试验项目

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 试验项目 | 试验方法 | 试品 |
| 1 | 残压试验 | 7.3 | 3只避雷器或比例单元 |
| 2 | 长期稳定性试验 | 7.4 | 3只比例单元 |
| 3 | 重复转移电荷试验 | 7.5 | 按要求 |
| 4 | 动作负载试验 | 7.7 | 3只比例单元 |
| 5 | 交流电压耐受时间特性试验 | 7.8 | 按要求 |

1. 抽样试验

抽样试验主要对电阻片进行，应按批次以一定比例抽取试品。按表9规定进行试验。抽样试验用的试品不得装入避雷器。

1. 抽样试验项目

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 试验项目 | 试验方法 | 试品 |
| 1 | 重复转移电荷试验 | 7.5 | 1%（不少于10只） |
| 2 | 大电流冲击耐受试验 | 7.18 | 5只 |
| 3 | 长期稳定性试验 | 7.4 | 3只 |
| 注：制造商至少半年对电阻片进行一次长期稳定性试验及大电流冲击耐受试验。 |

1. （规范性附录）
异常运行条件
2. 下述是避雷器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，并应引起制造厂注意：
3. a）温度高于＋40℃或低于－40℃；
4. b）使用海拔高度超过1 000 m；
5. c）能引起绝缘表面或安装金具劣化的烟气或蒸汽；
6. d）因烟气、灰尘、盐雾或其他导电物引起的严重污染；
7. e）过度暴露在严重湿气、潮气、降水或蒸汽中；
8. f）避雷器带电冲洗；
9. g）粉尘、煤气或烟气的爆炸性混合物；
10. h）异常的机械条件（地震烈度8度以上，振动，最大风速超过35 m/s，覆冰厚度超过20 mm及高弯曲负载等）；
11. i）异常运输或贮存；
12. j）额定频率低于18 Hz或高于22 Hz；
13. k）避雷器靠近热源；
14. l）污秽等级：e级；
15. m）安装方式：水平等其它非直立安装方式。
16. （资料性附录）
包装、运输及保管
	1. 包装

避雷器的包装必须保证在运输中，不因包装不良而使产品损坏。避雷器的包装应符合JB/T 9673的规定，在包装箱上应标明：

1. 制造厂名、产品名称及型号；
2. 发货单位、收货单位及详细地址；
3. 产品净重、毛重、体积等；
4. “向上”、“怕雨”等字样和标志，字样和标志应符合GB/T 191—2008的要求。
	1. 随产品提供的技术文件
5. 包装清单；
6. 产品出厂合格证明书；
7. 安装、使用说明书（每组避雷器附1份）。
	1. 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，制造厂应在包装箱上明确标志。

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

1. （规范性附录）
避雷器型号编制命名规则

避雷器型号编制方法参照JB/T 8459，规定如下：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| □ | □ | □ | □ | □ | ­— | □ | □ |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  | 附加特性代号 |
|  |  |  |  |  |  |  |  | 特征数字 |
|  |  |  |  |  |  |  |  | 设计序号 |
|  |  |  |  |  |  |  |  | 使用场所 |
|  |  |  |  |  |  |  |  | 结构特征 |
|  |  |  |  |  |  |  |  | 标称放电电流 |
|  |  |  |  |  |  |  |  | 产品型式 |

其中各个单元代表的含义如下：

产品型式代号：

YH——交流系统用复合外套金属氧化物避雷器。

Y——交流系统用瓷外套或其他外套金属氧化物避雷器。

标称放电电流：

一般为10或5，表示路避雷器的标称放电电流，单位为kA。

结构特征：

一般为W，表示无间隙避雷器。

使用场所：

GIS避雷器用F表示。

设计序号：

当产品结构特征、使用场所及特征数字均相同，但其外形尺寸、内部结构、安装结构或其他特性不同时，需要在产品型号上区别时，则使用设计序号，并按产品开发时间顺序依次排列，以阿拉伯数字表示。它既不代表产品的先进性，也不代表制造厂。

特征数字：

斜线上方为避雷器额定电压（单位为kV），斜线下方为避雷器在标称放电电流下的残压（单位为kV）。

附加特性代号：

S——三相GIS避雷器

20Hz——表示适用频率未20Hz，适用其他频率时相应修改。

1. （规范性附录）
典型的避雷器参数

典型的避雷器参数见表D.1～D.2。

表D.1 典型的电站和配电用避雷器参数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 避雷器额定电压 | 避雷器持续运行电压 | 标称放电电流10 kA | 标称放电电流5 kA |
| 陡波冲击电流残压 | 雷电冲击残压 | 操作冲击残压 | 直流1 mA参考电压 | 陡波冲击电流残压 | 雷电冲击残压 | 操作冲击残压 | 直流1 mA参考电压 |
| 有效值 | （峰值）不大于 | 不小于 | （峰值）不大于 | 不小于 |
| 51 | 40.8 |  |  |  |  | 154.0 | 134.0 | 114.0 | 73.0 |
| 84 | 67.2 |  |  |  |  | 254 | 221 | 188 | 121 |
| 90 | 72.5 | 264 | 235 | 201 | 130 | 270 | 235 | 201 | 130 |
| 96 | 75 | 280 | 250 | 213 | 140 | 288 | 250 | 213 | 140 |
| 102 | 79.6 | 297 | 266 | 226 | 148 | 305 | 266 | 226 | 148 |
| 108 | 84 | 315 | 281 | 239 | 157 | 323 | 281 | 239 | 157 |
| 192 | 150 | 560 | 500 | 426 | 280 |  |  |  |  |
| 204 | 159 | 594 | 532 | 452 | 296 |  |  |  |  |
| 216 | 168.5 | 630 | 562 | 478 | 314 |  |  |  |  |

表D.2 典型避雷器的操作冲击电流、额定重复转移电荷、额定热能量及额定热转移电荷值

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标称放电电流kA | 避雷器使用场合 | 额定电压kV（有效值） | 操作冲击电流值A（峰值） | $\_{}$$\_{}$ C$\_{}$$\_{}$ | $\_{}$$\_{}$ kJ/kV | $\_{}$$\_{}$ C |
| 10 | 电站用避雷器 | 90～108 | 500 | 0.8 | 4 | / |
| 192～216 | 500 | 1.2 | 6 | / |
| 288～324 | 1000 | 2 | 7 | / |
| 420～468 | 2000 | 3.0 | 10 | / |
| 5 | 电站用避雷器 | 5～51 | 250 | 0.3 | / | 0.7 |
| 84～108 | 500 | 0.8 | 4 | / |
| 配电用避雷器 | 5～17 | 100 | 0.2 | / | 0.7 |
| 26～34 | 250 | 0.3 | / | 0.7 |