



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 18802.31—2021/IEC 61643-31:2018  
代替 GB/T 18802.31—2016

## 低压电涌保护器 第 31 部分：用于光伏 系统的电涌保护器 性能要求和试验方法

Low-voltage surge protective devices—Part 31: Surge protective devices  
connected to photovoltaic installations—Requirements and test methods

(IEC 61643-31:2018, Low-voltage surge protective devices—  
Part 31: Requirements and test methods for SPDs for photovoltaic  
installations, IDT)

2021-03-09 发布

2021-10-01 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 .....	III
引言 .....	VI
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义、符号和缩略语 .....	2
3.1 术语和定义 .....	2
3.2 符号和缩略语 .....	7
4 使用条件 .....	8
4.1 电压 .....	8
4.2 气压和海拔 .....	8
4.3 温度 .....	9
4.4 湿度 .....	9
5 分类 .....	9
5.1 概述 .....	9
5.2 SPD 设计类型 .....	9
5.3 SPD 的 I、II 和 III 类试验 .....	9
5.4 使用地点 .....	9
5.5 可触及性 .....	9
5.6 SPD 的脱离器(包括过电流保护) .....	10
5.7 按 IEC 60529 的 IP 代码的外壳防护等级 .....	10
5.8 温度和湿度范围 .....	10
5.9 多极 SPD .....	10
5.10 SPD 的失效模式 .....	10
5.11 光伏接地系统 .....	10
6 技术要求 .....	10
6.1 一般要求 .....	10
6.2 电气性能要求 .....	12
6.3 机械性能要求 .....	14
6.4 环境和材料要求 .....	14
6.5 特殊 SPD 设计的附加要求 .....	15
6.6 制造商可能宣称的附加参数——最大放电电流 $I_{\max}$ .....	16
7 型式试验 .....	16
7.1 总则 .....	16
7.2 一般试验程序 .....	16
7.3 标志的耐久性 .....	21
7.4 电气试验 .....	21

7.5	机械试验 .....	29
7.6	环境和材料试验 .....	31
7.7	特殊 SPD 设计的附加试验 .....	31
8	例行试验和验收试验 .....	32
8.1	例行试验 .....	32
8.2	验收试验 .....	32
附录 A (规范性附录)	确定是否存在开关型元件和续流大小的试验 .....	33
附录 B (资料性附录)	PV 试验电源的瞬态特性 .....	34
参考文献	.....	37
图 1	I/V 特性 .....	20
图 2	动作负载试验的流程图 .....	22
图 3	动作负载试验的试验设置 .....	23
图 4	I 类、II 类试验的动作负载试验时序图 .....	23
图 5	I 类试验的附加负载试验时序图 .....	24
图 6	III 类试验的动作负载试验时序图 .....	24
图 7	SPD 失效模式特性试验的试品准备示例 .....	26
图 B.1	使用可调半导体开关的用于确定 PV 试验电源瞬态特性的试验设置 .....	34
图 B.2	在 $I_{sc}=4\text{ A}$ , $U_{oc}=640\text{ V}$ 的 PV 电源下半导体开关关断过程的电压和电流特性曲线 .....	34
图 B.3	含交汇点 $i(t)/u(t)$ 的半导体开关关断特性曲线(归一化) .....	35
图 B.4	从图 B.3 归一化电流和电压记录中计算得到的 PV 试验电源的 $i/u$ 特性 .....	35
图 B.5	使用熔断器(PV 类型)来确定 PV 试验电源特性的试验设置 .....	36
图 B.6	含交汇点 $i(t)/u(t)$ 的 PV 电源的额定电流为 $0.1 \times I_{SCPv}$ 的熔断器动作时的归一化分断特性 .....	36
图 B.7	从图 B.6 归一化电流和电压记录中计算得到的 PV 试验电源的 $i/u$ 特性 .....	36
表 1	缩写和符号列表 .....	8
表 2	端子和连接方法的配合使用 .....	14
表 3	环境和材料要求 .....	15
表 4	SPD 型式试验要求 .....	17
表 5	型式试验的通用合格判据 .....	18
表 6	动作负载试验的特殊电源特性 .....	20
表 7	失效模式试验的特殊电源特性 .....	21
表 8	介电强度 .....	28
表 9	SPD 的电气间隙 .....	29
表 10	SPD 的爬电距离 .....	30
表 11	材料组和分类之间的关系 .....	31
表 12	额定负载电流的试验导体 .....	32



## 前 言

GB/T 18802 由以下部分组成:

- 低压电涌保护器(SPD) 第 11 部分:低压电源系统的电涌保护器 性能要求和试验方法;
- 低压电涌保护器(SPD) 第 12 部分:低压配电系统的电涌保护器 选择和使用导则;
- 低压电涌保护器 第 21 部分:电信和信号网络的电涌保护器(SPD) 性能要求和试验方法;
- 低压电涌保护器 第 22 部分:电信和信号网络的电涌保护器 选择和使用导则;
- 低压电涌保护器 第 31 部分:用于光伏系统的电涌保护器 性能要求和试验方法;
- 低压电涌保护器 第 32 部分:用于光伏系统的电涌保护器 选择和使用导则;
- 低压电涌保护器元件 第 311 部分:气体放电管(GDT)的性能要求和测试回路;
- 低压电涌保护器元件 第 312 部分:气体放电管(GDT)的选择和使用导则;
- 低压电涌保护器元件 第 321 部分:雪崩击穿二极管(ABD)规范;
- 低压电涌保护器元件 第 331 部分:金属氧化物压敏电阻(MOV)规范;
- 低压电涌保护器元件 第 341 部分:电涌抑制晶闸管(TSS)规范;
- 低压电涌保护器元件 第 351 部分:电信和信号网络的电涌隔离变压器(SIT) 的性能要求和试验方法。

本部分为 GB/T 18802 的第 31 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 18802.31—2016《低压电涌保护器 特殊应用(含直流)的电涌保护器 第 31 部分:用于光伏系统的电涌保护器(SPD) 性能要求和试验方法》,与 GB/T 18802.31—2016 相比,主要技术变化如下:

- 范围中增加了“注 2”(见第 1 章);
- 增加了规范性引用文件 GB/T 2423.3—2016、GB/T 16935.1—2008、IEC 60060-1:2010、IEC 60529、IEC 61643-11:2011、IEC 61000-6-3,删除了规范性引用文件 GB/T 2900.83—2008、HD 588.1 S1:1991 和所有 EN 标准(见第 2 章,2016 年版的第 2 章);
- 增加了术语和定义“复合波”“开路电压”“复合波发生器的短路电流”“Ⅲ类试验”“开路失效模式”“短路失效模式”“试验电压”“试验电流”“SPD 短路装置”“标称压敏电压”(见 3.1.20、3.1.21、3.1.22、3.1.31.3、3.1.40、3.1.41、3.1.42、3.1.43、3.1.44、3.1.45);删除了术语和定义“SPD 的电流支路”“开路模式”“短路模式”(见 2016 年版的 3.1.7、3.1.38、3.1.39);修改了术语和定义“保护模式”(见 3.1.6,2016 年版的 3.1.6)、“额定负载电流”(见 3.1.14,2016 年版的 3.1.15)“电压保护水平”(见 3.1.15,2016 年版的 3.1.16)“热稳定”(见 3.1.23,2016 年版的 3.1.21)“例行试验”(见 3.1.29,2016 年版的 3.1.27)“预期短路电流”(见 3.1.34,2016 年版的 3.1.32);
- 术语和定义 3.1.2 中增加了“注 2”(见 3.1.2);术语和定义 3.1.11、3.1.12 中删除了“当 SPD 按照制造商的说明连接”(见 3.1.11 和 3.1.12,2016 年版的 3.1.12 和 3.1.13);
- 增加了“光伏接地系统”(见 5.11);修改了“SPD 的失效模式”(见 5.10,2016 年版的 5.10);删除了“连接结构”(见 2016 年版的 5.9);
- 增加了“SPD 短路装置”“热保护”“SPD 失效模式”(见 6.2.5.2、6.2.5.3、6.2.5.4);修改了“防直接接触”“电压保护水平”(见 6.2.1、6.2.3,2016 年版的 6.2.1、6.2.3);删除了“SPD 过载特性”

- (见 2016 年版的 6.2.5.2);
- 修改了“总则”、表 4、表 5、表 7、图 2 (见 7.1、表 4、表 5、表 7、图 2, 2016 年版的 7.1、表 5、表 6、表 9、图 9);
  - 将“SPD 过载性能试验”改为“SPD 失效模式特性试验”, 修改了条款顺序(见 7.4.4, 2016 年版的 7.4.7);
  - 修改了试品准备的方式(见 7.4.4.1, 2016 年版的 7.4.7.2);
  - 将“试验设置”、“试验程序”和“合格判据”合并后分为“宣称开路失效模式 SPD 的试验”和“宣称短路失效模式 SPD 的试验”(见 7.4.4.2、7.4.4.3, 2016 年版的 7.4.7.1、7.4.7.3 和 7.4.7.4);
  - 修改了“湿热条件下的寿命测试”“输入/输出端子分开的一端口的 SPD 试验”“合格判据”“户外型 SPD 的环境试验”“分开隔离电路的 SPD”(见 7.6.1、7.7.1、7.7.1.2、7.7.2、7.7.3, 2016 年版的 7.6.1、7.7.1、7.7.1.2、7.7.2、7.7.3);
  - 增加了“试验冲击”“动作负载试验的电源特征”“Ⅲ类动作负载试验”“热稳定性试验”“7.4.2.6 动作负载试验”“Ⅲ类动作负载试验内容”“持续工作电流  $I_{CPV}$ ”(见 7.2.2、7.4.2.3、7.4.2.6、7.4.3.2、表 6、图 2、7.4.6);
  - 删除了表 7、“防直接接触试验”“确定限制电压”“特殊性能的附加试验”(见 2016 年版的表 7、7.4.1、7.4.4、7.8);
  - 删除了附录 B、附录 C(见 2016 年版的附录 B、附录 C)。

本部分使用翻译法等同采用 IEC 61643-31:2018《低压电涌保护器 第 31 部分: 光伏系统的电涌保护器 性能要求和试验方法》。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下:

- GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)(IEC 60529:2013, IDT)
- GB/T 16927.1—2011 高电压试验技术 第 1 部分: 一般定义及试验要求(IEC 60060-1:2010, MOD)
- GB/T 16927.4—2014 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(IEC 62475:2010, MOD)
- GB/T 17627.1—1998 低压电气设备的高电压试验技术 第一部分: 定义和试验要求(IEC 61180-1:1992, EQV)
- GB 17799.3—2012 电磁兼容 通用标准 居住、商业和轻工业环境中的发射(IEC 61000-6-3:2011, IDT)
- GB/T 18802.11—2020 低压电涌保护器(SPD) 第 11 部分: 低压电源系统的电涌保护器性能要求和试验方法(IEC 61643-11:2011, MOD)

本部分做了下列编辑性修改:

- 为与现有标准系列一致, 将本部分名称修改为《低压电涌保护器 第 31 部分: 用于光伏系统的电涌保护器 性能要求和试验方法》;
- 表 12 中删除了关于北美线规的规定;
- 增加了参考文献 GB/T 2900.83—2008、GB/T 16927.4—2014、IEC 60269-6、IEC 61000-6-1、IEC 61180、IEC 62305 (所有部分)。

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。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国避雷器标准化技术委员会(SAC/TC 81)归口。

本部分起草单位:上海市气象灾害防御技术中心(上海市防雷中心)、上海大学、西安高压电器研究院有限责任公司、施耐德万高(天津)电气设备有限公司、四川中光防雷科技股份有限公司、菲尼克斯亚太电气(南京)有限公司、厦门大恒科技有限公司、德和盛电气(上海)有限公司、上海西岱尔电子有限公司、北京 ABB 低压电器有限公司、上海电科臻和智能科技有限公司、西安神电电器有限公司、德凯质量认证(上海)有限公司、厦门赛尔特电子有限公司、苏州雷凯浦保护设备有限公司、宁波职业技术学院机电工程学院。

本部分主要起草人:赵洋、周歧斌、陈文文、黄勇、林毅、雷成勇、徐祝勤、李博琛、李红军、钟湘闽、朱泽伟、徐贺、李正元、贾东旭、何世羿、张祥贵、李西育、沈建位。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 18802.31—2016。

## 引 言

GB/T 18802 的本部分提出了安装在直流侧的电涌保护器(SPD)的安全性和性能试验,以防止感应和直击雷电影响。

有三类测试:

- 1) I类试验模拟局部传导的雷电流脉冲。按照I类试验方法测试的SPD一般用于高暴露的地点,例如建筑物雷电防护系统的进线处。
- 2) 按照II类或III类试验方法测试的SPD承受持续时间较短的脉冲。
- 3) SPD在试验时应尽可能视作一个“黑盒子”。

测试考虑到光伏系统:

- 类似电流发生器;
- 输出电流取决于入射光的强度和温度;
- 短路电流略高于工作输出电流;
- 以串联和/或并联的方式连接,从而产生从几百瓦(住宅楼)到数兆瓦(光伏发电厂)的各种电压、电流和功率。

直流侧光伏系统的具体电气参数对SPD提出了具体的试验要求。

GB/T 18802.32 阐述了光伏应用(实际工作)中实际情况下SPD的选择和应用原则。

# 低压电涌保护器 第 31 部分:用于光伏系统的电涌保护器 性能要求和试验方法

## 1 范围

GB/T 18802 的本部分适用于对雷电的间接和直接效应或其他瞬态过电压的电涌进行保护的电涌保护器(SPD)。这些 SPD 将被连接到额定电压不超过 1 500 V 的光伏系统的直流侧。

这些 SPD 至少包含一个用来限制电压和泄放电涌电流的非线性的元件。本部分规定这些电器的性能特性、安全要求、标准试验方法和额定值。

符合本部分的 SPD 仅仅是设计用来安装在光伏系统直流侧和逆变器的直流侧。

用于储能光伏系统(如电池,电容组)的 SPD 不包含在本部分中。

在分开的输入和输出端子之间有特殊的串联阻抗的 SPD (IEC 61643-11:2011 中所谓的二端口 SPD)目前不包含在本部分中。

符合本部分的 SPD 是只能用工具来连接和断开的永久连接的固定式 SPD。本部分不适用于移动式 SPD。

注 1: 对于应用于光伏系统的 SPD,出于对电源效率的考虑,输入和输出端子之间通常不包含特殊的串联阻抗。

注 2: 凡在本部分中提到的电力系统或者电网,都是指光伏系统的直流侧。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 2423.3—2016 环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 Cab:恒定湿热试验(IEC 60068-2-78:2012,IDT)

GB/T 16935.1—2008 低压系统内设备的绝缘配合 第 1 部分:原理、要求和试验(IEC 60664-1:2007,IDT)

IEC 60060-1:2010 高电压试验技术 第 1 部分:一般定义和试验要求(High-voltage test techniques—Part 1: General definitions and test requirements)

IEC 60529 外壳防护等级(IP 代码)[Degrees of protection provided by enclosures(IP Code)]

IEC 61000-6-3 电磁兼容 第 6-3 部分:通用标准 居住、商业和轻工业环境中的发射标准(Electromagnetic compatibility (EMC) Part 6-3: Generic standards Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments)

IEC 61180-1 低压设备的高压试验技术 第 1 部分:定义、试验和程序要求(High-voltage test techniques for low-voltage equipment; part 1: definitions, test and procedure requirements)

IEC 61643-11:2011 低压电涌保护器 第 11 部分:低压电力系统的电涌保护器 性能要求和试验方法(Low-voltage surge protective devices—Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems—Requirements and tests methods)

IEC 62475:2010 大电流试验技术 试验电流和测量系统的定义和要求(High-current test techniques—Definitions and requirements for test currents and measuring systems)

### 3 术语和定义、符号和缩略语

#### 3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

##### 3.1.1

**电涌保护器 surge protective device; SPD**

用于限制瞬态过电压和泄放电涌电流的电器,它至少包含一个非线性的元件。

注: SPD 是一个装配完整的部件,其具有适当的连接手段。

[IEC 61643-11:2011,定义 3.1.1]

##### 3.1.2

**一端口的 SPD one-port SPD**

在端子之间没有特殊的串联阻抗的 SPD。

注 1: 一端口 SPD 可以具有分开的输入和输出端。

注 2: 过电流保护设备(如熔丝、断路器)不认为是特殊的串联阻抗。

注 3: 改写 IEC 61643-11:2011,定义 3.1.2。

##### 3.1.3

**电压开关型 SPD voltage switching SPD**

没有电涌时具有高阻抗,当对电涌响应时能突变成低阻抗的 SPD。

注 1: 电压开关型 SPD 常用的元件有放电间隙、气体放电管和晶闸管(可控硅整流器),有时称为“crowbar 型”元件。

注 2: 改写 IEC 61643-11:2011,定义 3.1.4。

##### 3.1.4

**电压限制型 SPD voltage limiting SPD**

没有电涌时具有高阻抗,但是随着电涌电流和电压的上升,其阻抗将持续地减小的 SPD。

注 1: 常用的非线性元件是:压敏电阻和抑制二极管。有时称为“箝压型”元件。

注 2: 改写 IEC 61643-11:2011,定义 3.1.5。

##### 3.1.5

**复合型 SPD combination SPD**

由电压开关型元件和电压限制型元件组成的 SPD。该类 SPD 的特性可以表现为电压开关型、电压限制型或两者皆有。

注: 改写 IEC 61643-11:2011,定义 3.1.6。

##### 3.1.6

**保护模式 modes of protection**

端子间的电流通路包含一个或多个保护元件,并且制造商声明了该电流通路的保护水平。

注 1: 该电流通路中可能包含额外的端子。

注 2: 改写 IEC 61643-11:2011,定义 3.1.8。

##### 3.1.7

**标称放电电流 nominal discharge current**

$I_n$

流过 SPD 具有 8/20 波形的电流的峰值。

注: 改写 IEC 61643-11:2011,定义 3.1.9。

## 3.1.8

**I 类试验的冲击放电电流 impulse discharge current for class I test**

$I_{\text{imp}}$

在规定的时间内,流过 SPD 并具有规定的电荷量  $Q$  和比能量  $W/R$  的放电电流的峰值。

[IEC 61643-11:2011,定义 3.1.10]

## 3.1.9

**最大放电电流 maximum discharge current**

$I_{\text{max}}$

流过 SPD 并具有 8/20 波形和制造商宣称幅值的电流的峰值。

注:  $I_{\text{max}}$  等于或大于  $I_n$ 。

[IEC 61643-11:2011,定义 3.1.48]

## 3.1.10

**光伏系统的最大持续工作电压 maximum continuous operating voltage for PV application**

$U_{\text{CPV}}$

可连续地施加在 SPD 保护模式上的最大直流电压。

## 3.1.11

**光伏系统的持续工作电流 continuous operating current for PV application**

$I_{\text{CPV}}$

施加最大持续工作电压  $U_{\text{CPV}}$  时,流过其带电导线间的电流。

## 3.1.12

**残流 residual current**

$I_{\text{PE}}$

施加最大持续工作电压  $U_{\text{CPV}}$  时,流过其 PE 接线端子的电流。

注: 改写 IEC 61643-11:2011,定义 3.1.40。

## 3.1.13

**续流 follow current**

$I_{\text{f}}$

施加冲击电流放电之后,由电源系统流入 SPD 的峰值电流。

注 1: 续流和持续工作电流  $I_{\text{CPV}}$  是显著不同的。

注 2: 改写 IEC 61643-11:2011,定义 3.1.12。

## 3.1.14

**额定负载电流 rated load current**

$I_{\text{L}}$

能提供给输入/输出端的最大持续额定直流电流。

注: 改写 IEC 61643-11:2011,定义 3.1.13。

## 3.1.15

**电压保护水平 voltage protection level**

$U_{\text{p}}$

由于施加规定陡度的冲击电压和规定幅值及波形的冲击电流而在 SPD 两端之间预期出现的最大电压。

注 1: 电压保护水平由制造商提供,并且不小于如下方法测得的限制电压:

——对于 II 类和/或 I 类试验,取决于波前放电电压(如适用)和对应于 II 类与 I 类试验中直到  $I_n$  和/或  $I_{\text{imp}}$  峰值处的残压确定;

——对于Ⅲ类试验由复合波在  $U_{oc}$  处的限制电压确定。

注 2: 改写 IEC 61643-11:2011, 定义 3.1.14。

### 3.1.16

**限制电压** **measured limiting voltage**

施加规定波形和幅值的冲击时, 在 SPD 接线端子间测得的最大电压峰值。

[IEC 61643-11:2011, 定义 3.1.15]

### 3.1.17

**残压** **residual voltage**

$U_{res}$

放电电流流过 SPD 时, 在其端子间产生的电压峰值。

[IEC 61643-11:2011, 定义 3.1.16]

### 3.1.18

**1.2/50 冲击电压** **1.2/50 voltage impulse**

视在波前时间为  $1.2 \mu s$ , 半峰值时间为  $50 \mu s$  的冲击电压。

注: IEC 60060-1:2010 第 8 章定义了冲击电压的波前时间, 半峰值时间和波形。IEC 61643-11 定义了特定的允许偏差。

[IEC 61643-11:2011, 定义 3.1.20]

### 3.1.19

**8/20 冲击电流** **8/20 current impulse**

视在波前时间为  $8 \mu s$ , 半峰值时间为  $20 \mu s$  的冲击电流。

注: GB/T 16927.4—2014 第 10 章定义了冲击电流的波前时间, 半峰值时间和波形。IEC 61643-11 定义了特定的允许偏差。

[IEC 61643-11:2011, 定义 3.1.21]

### 3.1.20

**复合波** **combination wave**

一种通过定义开路条件下电压幅值( $U_{oc}$ )和波形以及短路条件下电流幅值( $I_{cw}$ )和波形来描述其特性的波。

注: 施加在 SPD 上的电压幅值, 电流幅值和波形取决于复合波发生器(CWG)的阻抗  $Z_f$  和试品的阻抗。

[IEC 61643-11:2011, 定义 3.1.22]

### 3.1.21

**开路电压** **open-circuit voltage**

$U_{oc}$

在复合波发生器连接试品端口处的开路电压。

[IEC 61643-11:2011, 定义 3.1.23]

### 3.1.22

**复合波发生器的短路电流** **combination wave generator short-circuit current**

$I_{cw}$

在复合波发生器连接试品端口处的预期短路电流。

注: 当 SPD 连接到复合波发生器, 流过试品的电流通常小于  $I_{cw}$ 。

[IEC 61643-11:2011, 定义 3.1.24]

### 3.1.23

**热稳定** **thermal stability**

在引起 SPD 温度上升的动作负载试验后, 在规定的环境温度条件下, 给 SPD 施加规定的最大持续



工作电压,SPD 的温度随时间而下降的状态。

[IEC 61643-11:2011,定义 3.1.25]

### 3.1.24

**性能劣化 degradation (of performance)**

设备或系统的运行性能发生不期望的和预期性能的永久性偏离。

[IEC 61643-11:2011,定义 3.1.26]

### 3.1.25

**SPD 的额定短路电流 short-circuit current rating of the SPD**

$I_{SCPV}$

SPD 与指定脱离器连接后可以承受的电源系统的最大预期短路电流额定值。

注: 改写 IEC 61643-11:2011,定义 3.1.27。

### 3.1.26

**SPD 的脱离器 SPD disconnect (disconnect)**

当 SPD 失效时,把 SPD 或 SPD 的一部分从电源系统断开的装置。

注: 该断开装置不要求具有隔离能力,其防止系统持续故障并可用来给出 SPD 故障的指示。脱离器可以是内部的(内置的)或者外部的(制造商要求的)或二者皆有。可具有多于一种的脱离器功能,例如过电流保护功能和热保护功能。这些功能可能不同的装置中。

[IEC 61643-11:2011,定义 3.1.28]

### 3.1.27

**外壳防护等级 degree of protection of enclosure**

IP

使用符号 IP 来表征外壳对防止触及危险的部件、防止外界的固体异物进入和/或防止水的进入壳内的防护程度的分类。

[IEC 61643-11:2011,定义 3.1.29]

### 3.1.28

**型式试验 type test**

根据一个或多个代表生产产品的样本所进行的符合性试验。

[GB/T 2900.83-2008,定义 151-16-16]

### 3.1.29

**例行试验 routine test**

按要求对每个 SPD 或其部件和材料进行的试验,以保证产品符合设计规范。

注: 改写 GB/T 2900.83-2008,定义 151-16-17。

### 3.1.30

**验收试验 acceptance tests**

向用户证明产品符合某些规范要求的合同试验。

[GB/T 2900.83—2008,定义 151-16-23]

### 3.1.31

**冲击试验的分类 Impulse test classification**

#### 3.1.31.1

**I 类试验 class I test**

按冲击放电电流  $I_{imp}$ 、峰值等于冲击放电电流  $I_{imp}$  峰值的 8/20 冲击电流和 1.2/50 冲击电压(如适

用)进行的试验。

注: 改写 IEC 61643-11:2011, 定义 3.1.34.1。

### 3.1.31.2

#### Ⅱ类试验 class II test

按 8/20 标称放电电流  $I_n$  和 1.2/50 冲击电压(如适用)进行的试验。

注: 改写 IEC 61643-11:2011, 定义 3.1.34.2。

### 3.1.31.3

#### Ⅲ类试验 class III test

按 1.2/50 电压波形和 8/20 电流波形的复合波发生器进行的试验。

[IEC 61643-11:2011, 定义 3.1.34.3]

### 3.1.32

**电压开关型 SPD 的放电电压或触发电压 sparkover voltage or trigger voltage of a voltage switching SPD**

电压开关型 SPD 开始从高阻抗突然转变为低阻抗的最大电压值。

[IEC 61643-11:2011, 定义 3.1.36]

### 3.1.33

#### I类试验的比能量 specific energy for class I test

W/R

冲击电流  $I_{imp}$  流过 1  $\Omega$  单位电阻时消耗的能量。

注: 其等于电流平方对时间的积分( $W/R = \int i^2 dt$ )。

[IEC 61643-11:2011, 定义 3.1.37]

### 3.1.34

#### 预期短路电流 prospective short-circuit current

$I_P$

在电路中的给定位置, 如果用一个阻抗可忽略的连接件短接时, 可能流过的电流。

注: 改写 IEC 61643-11:2011, 定义 3.1.38。

### 3.1.35

#### 状态指示器 status indicator

指示 SPD 或者 SPD 的一部分的工作状态的装置。

注: 该指示器可以是可视和/或音响报警, 和/或具有遥控信号装置, 和/或作为输出节点的能力。

[IEC 61643-11:2011, 定义 3.1.41]

### 3.1.36

#### 输出触点 output contact

包含在与主电路分开的电路里并与 SPD 脱离器或状态指示器连接的触点。

[IEC 61643-11:2011, 定义 3.1.42]

### 3.1.37

#### 多极 SPD multipole SPD

多于一种保护模式的 SPD, 或者电气上相互连接的作为一个单元供货的 SPD 组件。

[IEC 61643-11:2011, 定义 3.1.43]

## 3.1.38

**总放电电流 total discharge current**

$I_{\text{Total}}$

在总放电电流试验中,流过多极 SPD 的接地导线的电流。

注 1: 该试验的目的是用来检查多极 SPD 在多种保护模式同时作用时发生的累积效应。

注 2:  $I_{\text{Total}}$  与根据 IEC 62305 系列标准用作雷电保护等电位连接的 I 类试验 SPD 特别相关。

注 3: 改写 IEC 61643-11:2011,定义 3.1.44。

## 3.1.39

**确定电气间隙电压 voltage for clearance determination**

$U_{\text{max}}$

根据 IEC 61643-11:2011 8.3.3.1 施加冲击时得到的最大测量电压,用于确定电气间隙。

注: 改写 IEC 61643-11:2011,定义 3.1.47。

## 3.1.40

**开路失效模式 open-circuit failure mode;OCFM**

在某些条件下,SPD 变成永久高阻抗或者开路状态的失效特性。

## 3.1.41

**短路失效模式 short-circuit failure mode;SCFM**

在某些条件下,SPD 变成永久低阻抗或者短路状态的失效特性。

## 3.1.42

**试验电压 testing voltage**

$U_{\text{test}}$

根据光伏系统电压得到的试验电压。

注:  $U_{\text{test}}$  的值可根据试验流程有所变化。

## 3.1.43

**试验电流 testing current**

$I_{\text{test}}$

根据光伏系统得到的试验电流。

注:  $I_{\text{test}}$  的值可根据试验流程有所变化。

## 3.1.44

**SPD 短路装置 means for short-circuiting the SPD (SC-means)**

在特定条件下,宣称为短路失效型的 SPD 实现短路的内部装置,该装置的电流承载能力等于 SPD 的额定短路电流  $I_{\text{SCPV}}$ 。

## 3.1.45

**标称压敏电压 nominal varistor voltage**

$U_{1\text{ mA}}$

在 1 mA 直流下测得的压敏电阻的电压。

## 3.2 符号和缩略语

下列缩写和符号适用于本文件(见表 1)。

表 1 缩写和符号列表

缩写和符号		含义	定义/章条号
通用	DUT	待测试品	通用
	IP	外壳防护等级	3.1.27
	SPD	电涌保护器	3.1.1
	W/R	I 类试验的比能量	3.1.33
	T1, T2 和/或 T3	I、II、III 类试验产品标识	6.1.1.2 3)
	OCFM	开路失效模式	3.1.40
	SCFM	短路失效模式	3.1.41
电压	$U_{CPV}$	最大持续工作电压	3.1.10
	$U_p$	电压保护水平	3.1.15
	$U_{res}$	残压	3.1.17
	$U_{max}$	确定电气间隙电压	3.1.39
	$U_{OC}$	开路电压	3.1.20/3.1.21
	$U_{test}$	试验电压	3.1.42
	$U_{1\text{ mA}}$	标称压敏电压	3.1.45
电流	$I_{imp}$	I 类试验的冲击放电电流	3.1.8
	$I_{max}$	最大放电电流	3.1.9
	$I_n$	II 类试验的标称放电电流	3.1.7
	$I_f$	续流	3.1.13
	$I_L$	额定负载电流	3.1.14
	$I_{CW}$	复合波发生器短路电流	3.1.22/3.1.20
	$I_{SCPv}$	额定短路电流	3.1.25
	$I_p$	预期短路电流	3.1.34
	$I_{PE}$	$U_{CPV}$ 下的残流	3.1.12
	$I_{total}$	总放电电流	3.1.38
	$I_{CPV}$	光伏系统的持续工作电流	3.1.11
	$I_{test}$	试验电流	3.1.43

## 4 使用条件

### 4.1 电压

持续施加在 SPD 的接线端子间的电压不应超过其最大持续工作电压  $U_{CPV}$ 。

### 4.2 气压和海拔

气压在 80 kPa~106 kPa。对应的海拔为 2 000 m~—500 m。

### 4.3 温度

- 正常范围： $-5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- 扩展范围： $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

### 4.4 湿度

- 正常范围： $5\%\sim95\%$ ；
- 扩展范围： $5\%\sim100\%$ 。

## 5 分类

### 5.1 概述

制造商应根据以下参数对 SPD 进行分类。

### 5.2 SPD 设计类型

SPD 按照设计类型可分为：

- 电压开关型；
- 电压限制型；
- 复合型。

### 5.3 SPD 的Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ类试验

Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ类试验要求的试验项目见 IEC 61643-11:2011 的表 2。

### 5.4 使用地点

#### 5.4.1 户内

SPD 被用于外壳内或者在建筑或者防护罩内。

SPD 安装在户外的外壳内或者防护罩内被认为是户内使用。

注：该分类对应于在没有温度和湿度控制的不受天气影响的场所使用的户内型 SPD，对应于 IEC 60364-5-51 中的外界影响代码 AB4 的特点。

#### 5.4.2 户外

SPD 被用于无外壳和建筑物外或防护罩之外。

注：这个分类对应于在受天气影响的场所使用的户外型 SPD。

### 5.5 可触及性

#### 5.5.1 可触及的

SPD 可被非专业人员全部或者部分接触到，一旦安装后，无需使用工具可打开覆盖层或者外壳。

#### 5.5.2 不可触及的

SPD 不能被非专业人员触摸到，或者是因为被安装到触摸距离之外，或者是被置于安装后只能用工具打开的外壳内。

## 5.6 SPD 的脱离器(包括过电流保护)

脱离器的位置包括:

- 内部的;
- 外部的;
- 二者都有(一部分内部和一部分外部)。

脱离器的保护功能有:

- 热保护;
- 泄漏电流保护;
- 过电流保护。

## 5.7 按 IEC 60529 的 IP 代码的外壳防护等级

## 5.8 温度和湿度范围

- 正常的;
- 扩展的。

## 5.9 多极 SPD

- 是;
- 否。

## 5.10 SPD 的失效模式

- 开路失效模式(OCFM);
- 短路失效模式(SCFM)。

## 5.11 光伏接地系统

- 接地;
- 不接地;
- 接地和不接地(都有)。

# 6 技术要求

## 6.1 一般要求

### 6.1.1 标识

#### 6.1.1.1 总则

制造商至少应提供下列信息。

#### 6.1.1.2 应位于 SPD 的本体上,或持久地标贴在 SPD 本体上的标识

应位于 SPD 的本体上,或持久地标贴在 SPD 本体上的标识如下:

- 1) 制造商名或商标和型号;
- 2) 光伏系统的最大持续工作电压  $U_{CPV}$ , + PE, - PE 和 + PE, - PE, 如适用(每种保护模式有一个  $U_{CPV}$  值,若每种保护模式的  $U_{CPV}$  都相同,则只需一个值);

- 3) 字母“PV”应被包含在制造商声明的每种保护模式的 SPD 类型和放电参数中,并相互靠近地印刷这些参数:
  - I 类试验:“I 类试验”和“ $I_{\text{imp}}$ ”和以 kA 为单位的数值,和/或  
“T1”和“ $I_{\text{imp}}$ ”和以 kA 为单位的数值;(例如:PV T1  $I_{\text{imp}}$ :10 kA)
  - II 类试验:“II 类试验”和“ $I_n$ ”和以 kA 为单位的数值,和/或  
“T2”和“ $I_n$ ”和以 kA 为单位的数值;(例如:PV T2  $I_n$ :10 kA)
  - III 类试验:“III 类试验”和“ $U_{\text{OC}}$ ”和以 kV 为单位的数值,和/或  
“T3”和“ $U_{\text{OC}}$ ”和以 kV 为单位的数值;(例如:PV T3  $U_{\text{OC}}$ :6 kV)
- 4) 电压保护水平值  $U_p$  + PE, — PE 和 + —, 如适用(每种保护模式有一个电压值,若每种保护模式的电压值都相同,则只需一个值);
- 5) 外壳防护等级(当 IP>20 时);
- 6) 接线端或导线的标志(如 SPD 上无其他标识);
- 7) 输入输出分开的一端口 SPD 的额定负载电流  $I_L$ 。

如果受空间限制不能标注以上所有标志,至少 1) 和 6) (如果端口不可交换)应标在 SPD 上,其他标志可标在安装指导书上。

一个 SPD 可被分类成多于一个试验类别(例如 I 类试验 T1 和 II 类试验 T2)。在这种情况下所有试验类别的试验都应进行。如果此时制造商只声明一个电压保护水平,标识中应出现最高的电压保护水平。

#### 6.1.1.3 需随 SPD 提供的信息

需随 SPD 提供的信息如下:

- 1) 安装位置(见 5.4);
- 2) 安装方法;
- 3) 额定短路电流  $I_{\text{SCPV}}$ ;
- 4) SPD 外部脱离器的额定值和特性,如要求有外部脱离器时;
- 5) 脱离器动作指示(如果有)或短路装置指示(如果有);
- 6) 正常使用的位置,如果重要时;
- 7) 安装说明;
- 8) 光伏系统的类型(接地,不接地);
- 9) 预期的连接方式(+/-到地, +到-);
- 10) 机械尺寸和导线长度等;
- 11) 温度和湿度范围(见 4.3 和 4.4);
- 12) 残流  $I_{\text{PE}}$  (交流和直流);
- 13) SPD 失效模式,如开路失效模式或短路失效模式;
- 14) 如果 SPD 宣称短路失效模式,需要有明确的标识指明不能装在非电分离的功率转换设备;
- 15)  $I_{\text{max}}$  (如果制造商宣称);
- 16) 持续电流  $I_{\text{CPV}}$ ;
- 17) 如果制造商宣称是短路失效模式 SPD,应采取具体措施,确保在维护和更换时不会因可能产生的直流电弧危害操作人员。

#### 6.1.1.4 在产品参数表上应出现的信息

在产品参数表上应出现的信息如下:

- 1) 多极 SPD 的总放电电流  $I_{\text{total}}$  和相应的试验等级;
- 2) 可更换部件的信息(指示器、熔断器等,如适用);
- 3) 保护模式(对于多于一个保护模式的 SPD)。

#### 6.1.1.5 型式试验时制造商应提供的信息

型式试验时制造商应提供的信息如下:

- 1) 是否有开关型元件(见附录 A);
- 2) 预处理试验中预期的续流( $\leq 5\text{ A}$  或  $> 5\text{ A}$ ,见附录 A);
- 3) 如果状态指示电路没有使用在额定水平内认证过的器件,制造商应提供合适的试验标准对其进行试验;
- 4) 分开隔离电路的隔离性和介电强度。

通过目测检验其是否符合要求。

#### 6.1.2 标志

标志应不易磨灭且易识别,不应标在螺钉和可拆卸的部件上。

注:插入式 SPD 的模块认为是不可拆卸的部件。

通过 7.3 试验检验其是否符合要求。

### 6.2 电气性能要求

#### 6.2.1 防直接接触

为防止直接接触(导电部件的不可接触),SPD 应设计成按正常使用条件安装后其带电部件是不可触及的。

除了 SPD 分类为不可触及的以外,SPD 应设计成按正常使用安装和接线后,带电部件应不可触及,即使把不用工具可拆卸的部件拆卸后也应符合要求。

根据制造商安装说明进行安装后,对于允许无专门技能人员使用的 SPD,其带电部件的防直接接触保护应至少符合 IEC 60529 对 IP2XC 的要求。

接地端子和所有与其相连的易接触的部件之间的连接应是低阻抗的。

根据 IEC 60529 和 IEC 61643-11:2011 的 8.3.1 的试验检验其是否符合要求。

#### 6.2.2 残流 $I_{\text{PE}}$

当 SPD 有连接至等电位连接导体的端子时,在 SPD 的最大持续工作电压( $U_{\text{CPV}}$ )下将所有 SPD 端子与电源连接并测量  $I_{\text{PE}}$ 。

通过 7.4.1 试验检验其是否符合要求。

#### 6.2.3 电压保护水平 $U_p$

SPD 的限制电压不应超过由制造商规定的电压保护水平。

通过 IEC 61643-11:2011 中 8.3.3 的试验检验其是否符合要求。

#### 6.2.4 动作负载试验

在施加最大持续工作电压  $U_{\text{CPV}}$  时,SPD 应能承受规定的放电电流且其特性不应发生不可接受的变化。

另外,电压开关型 SPD 或复合型 SPD 能够切断任何不大于额定短路电流( $I_{\text{SCPV}}$ )的续流。



通过 7.4.2 的试验检验其是否符合要求。

## 6.2.5 脱离器和状态指示器

### 6.2.5.1 脱离器

具有开路失效模式的 SPD 应带有 SPD 脱离器(可以是内部或者外部的,或两者都有),它们的动作应通过对应的状态指示器提供指示。

表 4 给出了在型式试验中使用脱离器的信息,表 5 的 F、G、H 和 J 给出了在型式试验过程中和试验后脱离器所要求性能的合格判据,通过 7.4.3 的试验检验其是否符合要求。

### 6.2.5.2 SPD 短路装置

短路失效模式的 SPD 应有短路装置,它们的动作应通过对应的状态指示器提供指示。

### 6.2.5.3 热保护

SPD 应防止由于劣化和过载而导致的过热。通过 7.4.3.2 的试验来检验其是否符合要求。仅包含电压开关型元件和/或 ABD 元件的 SPD 不进行本试验。

### 6.2.5.4 SPD 失效模式

SPD 在失效时不应造成危险的后果或 SPD 应能耐受在其失效过程中可能出现的  $I_{SCP}$ 。

通过 7.4.4 的试验检验其是否符合要求。

该试验不适用于只包含电压开关型元件的 SPD 保护模式。

由于在更换器件时产生的直流电弧可能危及人身和财产安全,具有短路失效模式的插入式 SPD (不需要工具就能更换)需要制造商声明合适的断开方式。通过检查安装说明检验其是否符合 6.1.1.3 的项 17)的要求。

### 6.2.5.5 状态指示器

制造商应给出关于指示器功能以及状态指示变化后所需采取的措施的信息。

状态指示器可由两部分组成(其中一个不能被替换,例如当更换一个可插拔模块时),这两部分由一个耦合机构连接,耦合机构可以是机械的、光学的、声学的或电磁的等。状态指示器中不被更换的部件(例如底座)应具备被操作 50 次以上的能力。

耦合机构操作状态指示器不更换部分的动作可用其他方法来模拟,例如,一个分开的电磁铁或弹簧,而不用操作 SPD 的可更换部分零件的方法。

当对所采用的指示形式有合适的标准时,状态指示器的非更换部分应符合这个标准,除了指示器仅需要 50 次操作试验外。

## 6.2.6 绝缘电阻

针对泄漏电流和防直接接触,SPD 外壳应具有足够的绝缘电阻。

通过 IEC 61643-11:2011 中 8.3.6 的试验检验其是否符合要求。

## 6.2.7 介电强度

针对绝缘击穿和防直接接触,SPD 应有足够的介电强度。

通过 7.4.5 的试验检验其是否符合要求。

6.2.8 持续工作电流( $I_{CPV}$ )

当根据制造商的说明将 SPD 连接至最大持续工作电压  $U_{CPV}$  时,在 SPD 正负端流过的电流。  
通过 7.4.6 的试验检验其是否符合要求。

6.2.9 总放电电流  $I_{total}$  (对多极 SPD)

通过 IEC 61643-11:2011 中 8.7.1 的试验检验其是否符合要求。

6.3 机械性能要求

6.3.1 安装

SPD 应提供适当的安装方式以确保机械稳定性。  
应提供机械编码或互锁来防止插入式 SPD 模块和底座的不正确的组合。  
通过目测检查检验其是否符合要求。

6.3.2 螺钉、载流部件和连接

根据 IEC 61643-11:2011 中 8.4.1,通过检查和试装的试验检验其是否符合要求。

6.3.3 外部连接

端子和连接方法应符合表 2 的要求。  
应根据相关标准测试其他端子和连接方法以确保其性能。

表 2 端子和连接方法的配合使用

端子和连接方法	相关标准
螺纹型固定部件,例如:螺钉、柱形、螺栓端子	IEC 61643-11:2011, 7.3.3.1 和 8.4.2.1
无螺纹型固定部件	IEC 61643-11:2011, 7.3.3.2 和 8.4.2.2
快速平接端子	IEC 61643-11:2011, 7.3.3.4 和 8.4.2.4
软导线连接(飞线)	IEC 61643-11:2011, 7.3.3.5 和 8.4.2.5
太阳能光伏系统连接器	IEC 62852

6.3.4 电气间隙和爬电距离

SPD 应具有足够的电气间隙和爬电距离。  
通过 7.5.1 的试验检验其是否符合要求。

6.3.5 机械强度

SPD 与防直接接触有关的所有部件应有足够的机械强度。  
根据 IEC 61643-11:2012 中 8.4.4 的试验检验其是否符合要求。

6.4 环境和材料要求

6.4.1 一般要求

SPD 应在第 4 章指定的使用环境下和表 3 的要求和试验中正常地运行。

表 3 环境和材料要求

项目	相关标准
外壳防护(IP 代码)	IEC 61643-11:2011,7.4.1 和 8.5.1
耐热	IEC 61643-11:2011,7.4.2 和 8.5.2
球压试验	IEC 61643-11:2011,7.4.2 和 8.5.3
阻燃	IEC 61643-11:2011,7.4.3 和 8.5.4
耐电痕化	IEC 61643-11:2011,7.4.4 和 8.5.5

6.4.2 湿热条件下的寿命测试

通过 7.6.1 的试验检验其是否符合要求。

6.4.3 电磁兼容

6.4.3.1 电磁抗扰度

当 SPD 中不包含电子电路,或包含的电子电路中所有元件都是无源的(例如二极管、电阻、电容、电感、压敏电阻和其他电涌保护元件),这类 SPD 对正常使用下的电磁干扰不敏感,无需进行抗扰性试验。对于包含敏感电子电路的 SPD,参见 IEC 61000-6-1。

6.4.3.2 电磁发射

当 SPD 中不包含电子电路,或包含的电子电路在正常使用中不产生超过 9 kHz 的基波,电磁干扰只会在保护操作中产生。这些干扰的持续时间在毫秒级到微秒级。

这些发射的频率、水平和后果被认为是低压设施的正常电磁环境的一部分。因此,可认为满足电磁发射的要求,无需进行验证。

包含在 9 kHz 或更高频率下动作的开关功能电子电路的 SPD,见 IEC 61000-6-3。

6.5 特殊 SPD 设计的附加要求

6.5.1 输入输出端子分离的一端口 SPD ——额定负载电流  $I_L$

制造商应声明额定负载电流。

通过 7.7.1.1 的试验检验其是否符合要求。

6.5.2 户外型 SPD 的环境试验

户外型 SPD 应能充分抵御紫外线(UV)辐射和侵蚀。

试验程序见 7.7.2 和 IEC 61643-11:2011 的附录 F。

6.5.3 具有分开隔离电路的 SPD

如果 SPD 包含一个电气上和主回路隔离的电路,制造商应提供关于不同电路之间隔离和介电强度电压的信息,以及制造商声明符合的相关标准。

如果有超过两个电路,还应针对每个电路组合进行声明。

主回路和分开隔离电路之间的绝缘电阻应通过 IEC 61643-11:2011 中 8.3.6 的测试。

主回路和分开隔离电路之间的介电强度应通过 7.4.5 的测试。

## 6.6 制造商可能宣称的附加参数——最大放电电流 $I_{\max}$

如果制造商宣称  $I_{\max}$ , 该值应根据 IEC 61643-11:2011 中 8.3.3.1 施加一次  $I_{\max}$  的冲击电流, 电流极性为前面试验中残压较大的极性。

## 7 型式试验

### 7.1 总则

型式试验按表 4 进行。每个试验系列用三个试品。在任何试验系列中, 试验按表 4 规定的次序进行, 试验系列的次序可改变。对于每种结构/端子类型, 应在三个端子试品上进行端子的测试(一只具有至少三个相同端子的 SPD 可满足端子试验的要求)。型式试验的通用合格判定准则见表 5。

如果对某试验系列中所有相关试验条款和合格判定的要求都满足, 则这个试品通过了表 4 中的该试验系列。

如果所有的试品通过试验系列, 那么 SPD 的设计对这个试验系列是合格的。在试验系列中如有二个或更多试品没有通过试验, 则 SPD 不符合本部分。

如果有一个试品没有通过一项试验, 应用三个新试品重新进行该试验项目及同一试验系列中前面几项可能影响该试验结果的试验项目, 但是这一次不允许有任何试品试验失败。

如果制造商同意, 三个一组试品可以用于多于一个试验系列。

如果 SPD 是某一产品中的一个独立部分, 而该产品符合其他的标准, 则该标准的要求适用于产品中不属于 SPD 的那些部分。该 SPD 应符合本部分的一般要求(6.1)、电气性能要求(6.2)、环境和材料要求(6.4), 其他标准的机械方面的要求也适用于 SPD。

### 7.2 一般试验程序

#### 7.2.1 总则

如果没有其他规定, 高电压试验程序的参考标准是 IEC 61180。

SPD 应按照制造商的安装程序进行安装和电气连接。除另有规定, 这个试验设置应贯穿整个型式试验过程。不应采用外部冷却或加热。

当没有其他规定时, 试验应在大气中进行, 环境温度应是  $(20 \pm 15)^\circ\text{C}$ 。

对所有的像  $I_{\text{CPV}}$  和  $I_{\text{PE}}$  的静态直流电流测量, 不需考虑施加电压时的初始下降, 通电 30 s 内也不用读数。

除非特别规定, 在需要电源进行测试时, 在流过 1 A 负载电流时试验电压的瞬时值应持续保持在  $U_{\text{test}}$  和  $U_{\text{test}}^0 - 5\%$  之间。

为了保证试验结果的可比性, 至少要有有一个 6 脉冲整流桥来限制满负载条件下的最大纹波。

注 1: 这就意味着使用 6 脉冲整流桥时需要一个额外的平滑电容来满足这 5% 的要求。

当制造商把电缆作为 SPD 的一部分整体供货时, 完整长度的电缆应作为被试 SPD 的一部分进行试验。

如无其他规定, 试验期间不允许对 SPD 进行维护或拆卸。根据表 4, 如有要求时, 应按制造商的规定选择并连接外部脱离器。

如果制造商声明了多个保护模式, 应在每个保护模式上进行所有试验, 每次试验使用新的试品。但是如果某些保护模式具有相同的电路, 可以在代表最薄弱配置的保护模式上进行一次试验。

如果制造商为了实现高于 (SPD 自身) 额定短路电流  $I_{\text{SCPV}}$  的预期短路电流而提供了所需要的外部脱离器的信息, 此时应再在他们的组合上 (每个序列和组合) 进行测试, 测试时应附带对应的外部脱

离。

如果根据表 4 要求使用棉纸时,棉纸需固定在除安装面之外,距离试品各个方向 100 mm ± 20 mm。

注 2: 薄纸:薄、软和有一定强度的纸,一般用于包裹易碎的物品,其质量在 12 g/m<sup>2</sup>至 25 g/m<sup>2</sup>之间。

在型式试验的整个过程中,指示器显示的状态应清晰地给出它所连接部件状态的信号。如果有多于一种的状态指示方法,例如本地的和远程的,每一种指示都要检测,并且要符合制造商的规格。

应注意到,进行冲击试验和测量时,需要良好的试验技术以确保测量和记录正确的试验值。

在根据本部分内试验条件进行测试时,SPD 不应产生任何危害。

表 4 SPD 型式试验要求

试验系列	试验项目	章条号	连接外部脱离器 <sup>a</sup>	使用薄棉纸	分类试验 I	分类试验 II	分类试验 III
1	标识与标志	6.1.1/6.1.2/7.3	—	—	A	A	A
	安装	6.3.1	—	—	A	A	A
	接线端子和连接	6.3.2/6.3.3	—	—	A	A	A
	防直接接触	6.2.1	—	—	A	A	A
	环境,IP 等级	6.4	—	—	A	A	A
	残流	6.2.2/7.4.1	—	—	A	A	A
	动作负载试验 <sup>d</sup>	6.2.4/7.4.2 <sup>b</sup>					
	I 类、II 类或 III 类动作负载试验	7.2.3.2/7.4.2.3/7.4.2.4/7.4.2.6	A	—	A	A	A
	I 类试验的附加负载试验	7.4.2.5	A	—	A	—	—
	热稳定性试验 <sup>e</sup>	6.2.5.3/7.4.3.2	A	—	A	A	A
	电气间隙和爬电距离	7.5.1	—	—	A	A	A
	球压试验	6.4	—	—	A	A	A
	耐非正常热和火	6.4	—	—	A	A	A
	耐电痕化	6.4	—	—	A	A	A
2	电压保护水平 <sup>e</sup>	6.2.3					
3	绝缘电阻	6.2.6	—	—	A	A	A
	介电强度	6.2.7/7.4.5	—	—	A	A	A
3a	见下一仅适用时						
	机械强度	6.3.5	—	—	A	A	A
	耐温	6.2.5/7.4.3.1 <sup>b</sup>	—	—	A	A	A
3b <sup>c</sup>	见下一仅适用时						
4 <sup>c</sup>	耐热	6.4	—	—	A	A	A
5 <sup>c</sup>	SPD 失效模式试验	6.2.5.4/7.4.4	A	A	A	A	A
6	湿热条件下的寿命试验	7.6.1 <sup>b</sup>	—	—	A	A	A
7	多极 SPD 总放电电流试验	6.2.9 <sup>b</sup>		—	A	A	A

表 4 (续)

试验系列	试验项目	章条号	连接外部脱离器 <sup>a</sup>	使用薄棉纸	分类试验 I	分类试验 II	分类试验 III
输入/输出端子分开的一端口 SPD 的附加试验							
3b <sup>c</sup>	额定负载电流	6.5.1/7.7.1.1	A	—	A	A	A
户外型 SPD 的附加试验							
8	户外型 SPD 的环境试验	6.5.2/7.7.2	—	—	A	A	A
分离隔离电路 SPD 的附加试验							
3a	分离电路的隔离性	6.5.3/7.4.5	—	—	A	A	A
A 适用,如宣称; — 不适用。							
<sup>a</sup> 连接外部脱离器的意思是在型式试验过程中,制造商指定的外部脱离器应和 SPD 一起测试。 <sup>b</sup> 对于这些要求初始泄漏电流测量的试验,可能需要用到表 5 的合格判别依据 E。 <sup>c</sup> 对于这个试验系列,可能会用到多于一组的试品。 <sup>d</sup> 对于整个动作负载试验(包括附加负载试验,如适用),可能需要多一组独立的试品。 <sup>e</sup> 参见 IEC 61643-11:2011 相关条款和表 3。							

表 5 型式试验的通用合格判据

A	应达到热稳定。在施加 $U_{CPV}$ 电压后的 15 min 内,如果流过 SPD 的电流或功耗呈现出下降的趋势或没有升高,则认为 SPD 是热稳定的。如果试验本身是加 $U_{CPV}$ 进行的,则不间断的继续保持加电 15 min,或在 30 s 内重新加电
B	电压和电流波形图及目测检查试品应没有击穿或闪络的迹象
C	试验过程中不应发生可见的损坏。试验后,检查发现的细小的凹痕或裂缝如不影响防直接接触,则可以忽略,除非无法保持 SPD 的防护等级(IP 代码)。试验后,试品上不应有燃烧的痕迹
D	试验后的测量限制电压值应小于或等于 $U_p$ 。依据 IEC 61643-11:2011 8.3.3 的试验测量限制电压,但 8.3.3.1 的试验仅使用 8/20 冲击电流,对于 I 类试验采用 $I_{imp}$ 的峰值电流,对于 II 类试验采用 $I_n$ 的峰值电流。对于 8.3.3.3 的 III 类试验,采用 $U_{oc}$
E	试验后,不应有过大的连续电流和残流。 试品应根据制造商指示按正常使用连接到最大持续工作电压 $U_{CPV}$ 的电源。测量流过每个端子的电流,电流值不应超过 1 mA,或者电流不应超过在相关试验系列初始时测量结果的 20%。 任何可重置或重新装配的脱离器应手动分断(如适用),应施加 2 倍 $U_{CPV}$ 或 1 500 V 直流电压(二者间较高者)来检查介电强度。试验过程中,应无绝缘的闪络和击穿,包括内部的(击穿)和外部的(电痕化)或发生其他破坏性放电的迹象。 正常使用中如果有超过一个的连接方式,应检查每一个可能的连接方式
F	试验时,制造商规定的外部脱离器不应动作;试验后,脱离器应处在正常工作状态。 本条款中,正常工作状态是指脱离器未发生损坏,可继续操作。操作性可通过手动进行检查(如可行),或在制造商和实验室协议下通过简单的电气试验来检查



表 5 (续)

G	试验时,制造商规定的内部脱离器或短路装置不应动作;试验后,脱离器应处在正常工作状态。 本条款中,正常工作状态是指脱离器或短路装置未发生损坏,可继续操作。操作性可通过手动进行检查(如可行),或在制造商和实验室协议下通过简单的电气试验来检查
H	应通过一个或多个内部和/或外部脱离器来实现脱离,应检查是否给出正确的状态指示
I	对防护等级大于或等于 IP 20 的 SPD,使用标准试指施加一个 5 N 的力(见 IEC 60529)不应触及带电部件,除了 SPD 按正常使用安装后在试验前已可触及的带电部分外
J	如果试验过程中发生脱离(内部或外部),对应保护元件的有效脱离应有清晰的指示。 如果发生内部脱离,试品按正常使用连接到最大持续工作电压 $U_{CPV}$ 保持 1 min。试验电源应有大于或等于 200 mA 的短路电流能力,流过相关保护元件的电流不应超过 1 mA。 流过与相关保护元件并联的元件或其他电路(如指示器电路)的电流可忽略,只要其不会造成电流流过相关保护元件。 此外,流过 PE 端子的电流,包括并联电路和其他电路(如指示器电路),如果有,不应超过 1 mA。 正常使用中如果有超过一个的连接方式,应检查每一个可能的连接方式
K	(空白)
L	薄纸不应燃烧
M	不应发生爆炸或对人员和设备产生其他危险
N	(空白)
O	(空白)
P	短路模式应由短路装置提供,应检查其正确指示
Q	如果试验时进入短路模式,SPD 应能耐受其额定短路电流( $I_{SCP}$ )。为了验证这一点,应在 SPD 短路状态 10 s 内,将其连接至能提供 $I_{SCP}$ 的电源。 $I_{SCP}$ 应保持 2 h 或直到达到热平衡( $\leq 2\text{ K}/10\text{ min}$ )。在此期间,外壳最热点的表面温升不得超过 120 K。施加 $I_{SCP}$ 后 5 min,最热点的表面温升不得超过 80 K

### 7.2.2 试验冲击

试验冲击要求见 IEC 61643-11:2011 的 8.1.1、8.1.2、8.1.3 和 8.1.4。

注 1: IEC 61643-11:2011 的 8.1.4.1 不适用,因为在该标准中不包含二端口 SPD。

注 2: 就本部分而言,IEC 61643-11:2011 的 8.1.4 要求使用的交流电源用直流电源替代。

注 3: 就本部分而言,IEC 61643-11:2011 的 8.1.4 提到的  $I_{SC}$  由  $I_{CW}$  替代。

### 7.2.3 试验电源特性

#### 7.2.3.1 通用电源特性

试验电路的电感量应大于或等于  $100\text{ }\mu\text{H}$ 。如图 1 所示,两种不同类型的电源可用于动作负载和失效模式试验。

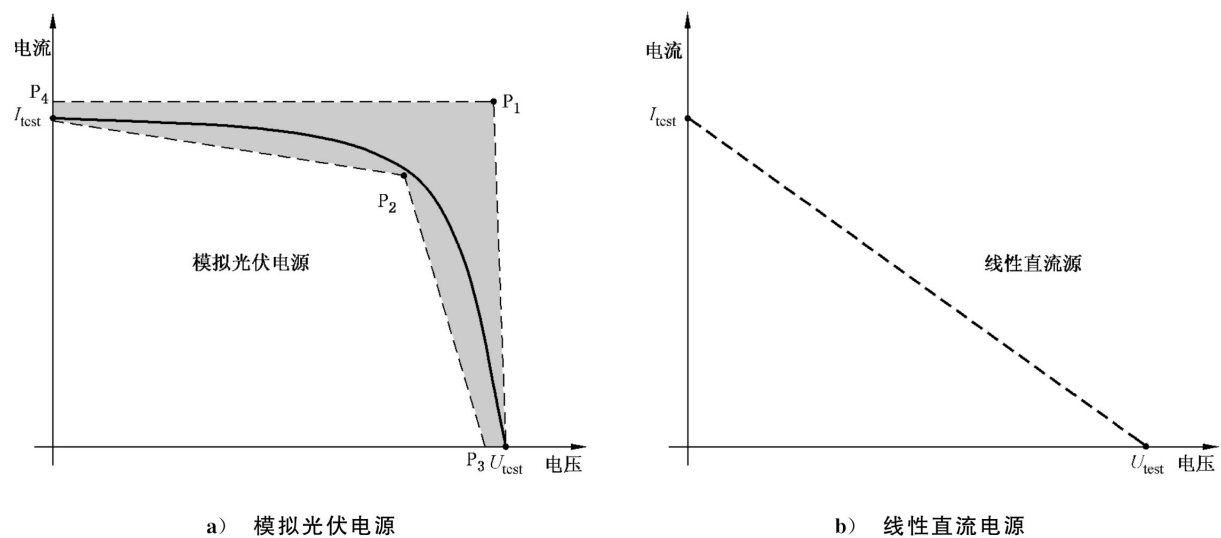


图 1 I/V 特性

模拟光伏电源的允许偏差由 P<sub>1</sub> 和 P<sub>2</sub> 之间的阴影区域定义：

- P<sub>1</sub> :  $[U_{\text{test}}, 1.05 \times I_{\text{test}}]$ ;
- P<sub>2</sub> :  $[0.7 \times U_{\text{test}}, 0.7 \times I_{\text{test}}]$ ;
- P<sub>3</sub> :  $[0.95 \times U_{\text{test}}, 0]$ ;
- P<sub>4</sub> :  $[0, 1.05 \times I_{\text{test}}]$ 。

该区域可根据实验室和 SPD 制造商的协定超出至更高的电压或者电流值。

应在 100 μs 内的静态和动态条件下确认以上要求。附录 B 给出了合适的试验程序来确认满足这些要求。

7.2.3.2 动作负载试验的特殊电源特性

根据不同的 SPD 续流值,试验中应使用表 6 中要求的电压为 U<sub>CPV</sub> 的电源。

表 6 动作负载试验的特殊电源特性

通过附录 A 确定的续流值	≤5 A	>5 A
7.4.2.3 或 7.4.2.6 动作负载试验	DC <sub>1</sub> 或 PV <sub>1</sub>	PV <sub>2</sub>
7.4.2.5 I 类试验的附加负载试验	DC <sub>2</sub> 或 PV <sub>3</sub>	DC <sub>2</sub> 或 PV <sub>3</sub>

DC<sub>1</sub>:线性直流电源,其阻抗应满足:在续流流过时,从 SPD 的接线端子处测得的电压下降不能超过 U<sub>CPV</sub> 的 5%。

DC<sub>2</sub>:线性直流电源,其预期短路电流值为  $5^{+10\%}_0$  A,对应于图 1b)中的 I<sub>test</sub>。

PV<sub>1</sub>:模拟光伏电源,其预期短路电流值至少为  $20^{+10\%}_0$  A,对应于图 1a)中的 I<sub>test</sub>。

PV<sub>2</sub>:模拟光伏电源,其预期短路电流值等于  $I_{\text{SCPV}}^{+5\%}_0$ ,对应于图 1a)中的 I<sub>test</sub>。

PV<sub>3</sub>:模拟光伏电源,其预期短路电流值为  $5^{+10\%}_0$  A,对应于图 1a)中的 I<sub>test</sub>。

7.2.3.3 失效模式试验的特殊电源特性

根据 SPD 的失效模式,试验应采用电压为 U<sub>CPV</sub>/1.2 的电源。

注:试验电压值是在标准化操作条件下获得的,按 1.2 的系数降低最大开路电压,代表光伏系统的常规操作条件。



表 7 失效模式试验的特殊电源特性

6.1.1.3 13)中的预期失效模式	开路失效模式 OCFM	短路失效模式 SCFM
7.4.4 SPD 失效模式试验	DC <sub>3</sub> <sup>a</sup> 或 PV <sub>4</sub>	PV <sub>4</sub>
<sup>a</sup> 仅基于制造商协定。		

DC<sub>3</sub>:线性直流电源,其预期短路电流值满足 7.4.4,对应于图 1b)中的  $I_{\text{test}}$ 。

PV<sub>4</sub>:模拟光伏电源,其预期短路电流值满足 7.4.4,对应于图 1a)中的  $I_{\text{test}}$ 。

7.3 标志的耐久性

除了用压印、模压和雕刻方法制造外,应对所有类型的标志进行本试验。

试验时,用手拿一块浸湿水的棉花来回擦 15 s,接着再用一块浸湿脂族己烷溶剂(芳香剂的容积含量最多为 0.1%,贝壳松脂丁醇值为 29,初沸点近似为 65℃,密度为 0.68 g/m<sup>3</sup>)的棉花擦 15 s。

作为替代方案,也允许使用最低为 85%正己烷的试剂级己烷。

注:该“正己烷”的化学系统命名法为“正常”或直链烃。该溶剂可被确定为一个 ACS(美国化学学会)试剂级正己烷(CAS# 110-54-3)。

试验后,标志应清晰可见。

7.4 电气试验

7.4.1 残流  $I_{\text{PE}}$

7.4.1.1 试验程序

试验时应连续在+PE 和-PE 端子间施加下列的电源。

——直流电源,电压为  $U_{\text{CPV}}$ ;

——交流电源,应能提供峰值相当于最大持续工作电压  $U_{\text{CPV}}$ 的 50 Hz 或 60 Hz 正弦电压。

记录流过 PE 端的(直流或交流)的残流。

7.4.1.2 合格判据

测量得到的最大残流不应超过根据 6.1.1.3 12)制造商宣称的值。

7.4.2 动作负载试验

7.4.2.1 概述

动作负载试验的流程图见图 2。

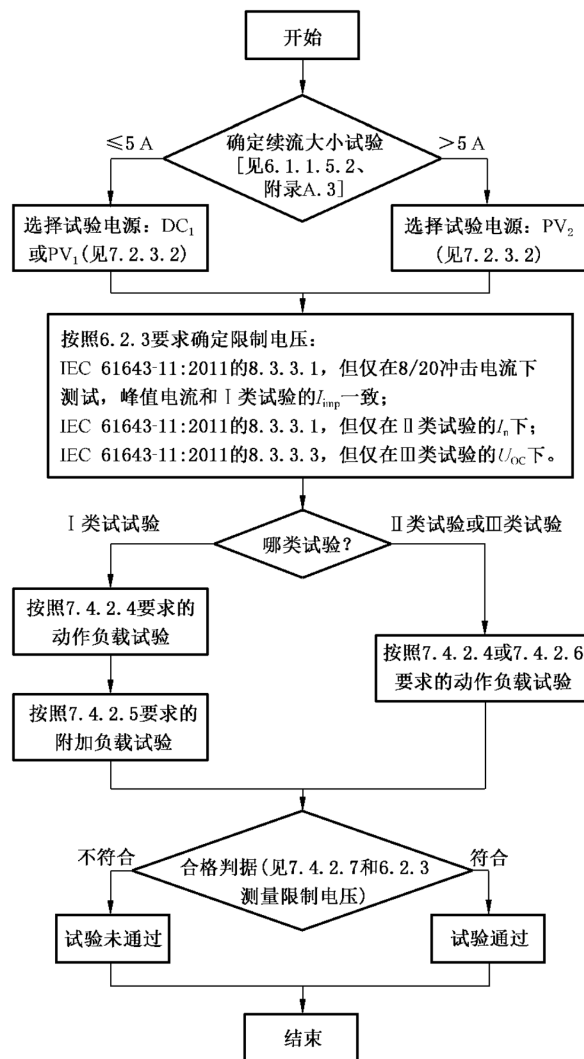


图2 动作负载试验的流程图

#### 7.4.2.2 试验程序

本试验是通过对 SPD 施加规定次数和规定波形的冲击来模拟其工作条件,试验时用符合 7.2.3 要求的电源对 SPD 施加最大持续工作电压  $U_{CPV}$ 。

主要的试验装置应符合图 3 中的电路图。

检查测得的限制电压应小于或等于  $U_P$ 。

根据 IEC 61643-11:2011 中 8.3.3 的试验确定限制电压。

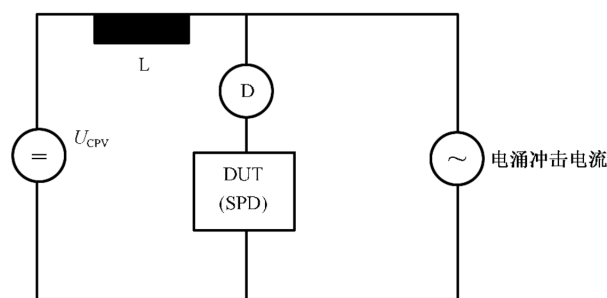
为了避免试品过载,按照下面要求测量限制电压:

根据 IEC 61643-11:2011 中 8.3.3.1,对于 I 类试验,只采用 8/20 的电流波形,电流峰值为  $I_{imp}$ ;

根据 IEC 61643-11:2011 中 8.3.3.1,对于 II 类试验,只在  $I_n$  下试验;

根据 IEC 61643-11:2011 中 8.3.3.3,对于 III 类试验,只在  $U_{OC}$  下试验;

进行一正一负冲击。



说明：

$U_{CPV}$ ——按 7.2.3.2 规定的电源；

L ——按 7.2.3.1 规定的电感；

D ——由制造商规定的 SPD 外部脱离器；

DUT——待测试品 (SPD)；

电涌——根据 7.4.2.4 进行 I 类和 II 类动作负载试验的 8/20 电流；

根据 7.4.2.5 进行附加负载试验的冲击电流  $I_{imp}$ ；

根据 7.4.2.6 进行 III 类动作负载试验的  $U_{OC}$ 。

图 3 动作负载试验的试验设置

#### 7.4.2.3 动作负载试验的电源特征

试验试品应被连接到 7.2.3.2 中描述的电源，如下所示：

——如果 SPD 续流小于或等于 5 A，电源为  $DC_1$  或  $PV_1$ ；

——如果 SPD 续流大于 5 A，电源为  $PV_2$ 。

#### 7.4.2.4 I 类和 II 类的动作负载试验

对本试验，施加 15 次与电源极性相同的 8/20 冲击电流，分成 3 组，每组 5 次冲击。试品与 7.2.3 和 7.4.2.3 规定的电源连接。

在施加每组冲击之后和最后的续流(如有)遮断之后，应继续加电至少 1 min 来检查是否复燃。在最后一组冲击和继续加电 1 min 后，SPD 保持加电，或在少于 30 s 内加电到  $U_{CPV}$ ，保持 15 min 检查稳定性。为此，电源(在  $U_{CPV}$  电压下)的短路电流容量可减少到 5 A。试验时序图如图 4。

对 I 类 SPD 试验时，施加的 8/20 冲击电流峰值等于  $I_{imp}$ 。

对 II 类 SPD 试验时，施加的 8/20 冲击电流峰值等于  $I_n$ 。

如果 SPD 同时被分类为 I 类试验和 II 类试验，本试验可只进行一次，但应使用两种试验类别下最严酷的一组参数，可与制造商协商。

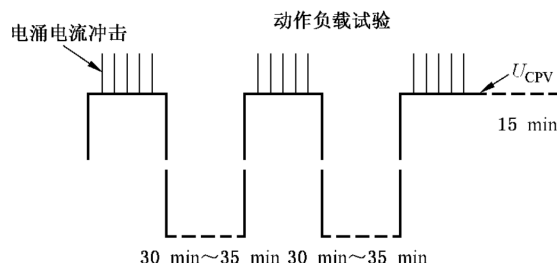


图 4 I 类、II 类试验的动作负载试验时序图

两次冲击之间的间隔时间为 50 s~60 s，两组之间的间隔时间为 30 min~35 min。

两组试验之间，试品无需施加电压。

每次冲击应记录电流波形,电流波形不应显示试品有击穿或闪络的迹象。

7.4.2.5 I 类试验的附加负载试验

本试验中流过 SPD 的冲击电流逐步增加至  $I_{\text{imp}}$ 。

SPD 应连接在一个符合 7.2.3.2 要求的电源上。在施加每组冲击之后和最后的续流(如有)遮断之后,应继续加电至少 1 min 检查是否复燃。在该过程后,SPD 持续加电或在少于 30 s 内加电到  $U_{\text{CPV}}$ ,保持 15 min 检查稳定性。为此,电源的短路电容量可能减少到 5 A。

对加电的试品,应按下述方式施加与电源同极性的冲击电流:

- a) 用  $0.1 \times I_{\text{imp}}$  电流冲击一次;检查热稳定性;冷却至环境温度。
- b) 用  $0.25 \times I_{\text{imp}}$  电流冲击一次;检查热稳定性;冷却至环境温度。
- c) 用  $0.5 \times I_{\text{imp}}$  电流冲击一次;检查热稳定性;冷却至环境温度。
- d) 用  $0.75 \times I_{\text{imp}}$  电流冲击一次;检查热稳定性;冷却至环境温度。
- e) 用  $1.0 \times I_{\text{imp}}$  电流冲击一次;检查热稳定性;冷却至环境温度。

时序图如图 5 所示。

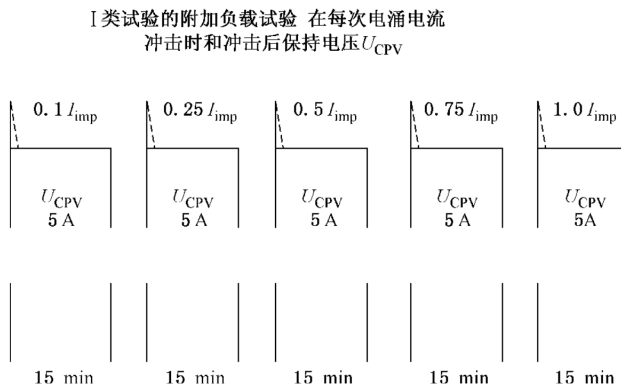


图 5 I 类试验的附加负载试验时序图

7.4.2.6 III 类动作负载试验

在进行每组冲击过程中对 SPD 施加  $U_{\text{CPV}}$ ,其预期短路电流应符合 7.2.3.1 和 7.4.2.3 的要求。在施加每组冲击之后和最后的续流(如有)遮断之后,需继续加电至少 1 min 来检查是否复燃。在最后一组冲击和继续加电 1 min 后,SPD 保持加电,或在少于 30 s 内加电到  $U_{\text{CPV}}$ ,保持 15 min 来检查稳定性。为此,电源(在  $U_{\text{CPV}}$  下)的短路电容量可减少到 5 A。

用  $U_{\text{OC}}$  对 SPD 进行 3 组,每组 5 次正极性冲击。

时序图如图 6 所示。

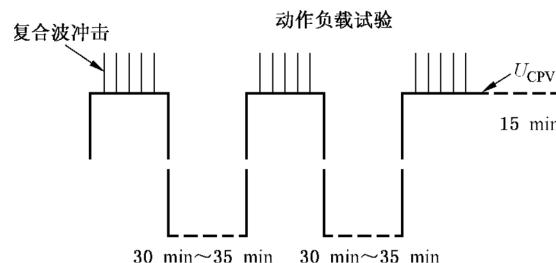


图 6 III 类试验的动作负载试验时序图

两次冲击之间的间隔时间为 50 s~60 s,两组之间的间隔时间为 30 min~35 min。

两组试验之间,试品无需施加电压。

每次冲击应记录电流波形,电流波形不应显示试品有击穿或闪络的迹象。

#### 7.4.2.7 动作负载试验和 I 类试验附加负载试验的合格判据

应满足表 5 中的合格判据 A、B、C、D、E、F、G 和 M。

#### 7.4.3 SPD 的脱离器和 SPD 过载时的安全性能

##### 7.4.3.1 耐热试验

SPD 在环境温度为  $80\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ K}$  的加热箱中保持 24 h。

应满足表 5 中的合格判据 C 和 G。

##### 7.4.3.2 热稳定性试验

###### 7.4.3.2.1 试验要求

本试验程序有以下两种不同的设计：

——仅包括电压限制型元件的 SPD，采用 7.4.3.2.2 a) 的试验程序；

——包含串联的电压限制型元件和电压开关型元件的 SPD，采用 7.4.3.2.2 b) 的试验程序。

注：在进行本试验程序时，环境温度宜保持在  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，当试验环境温度高于该范围时，会对 SPD 的热稳定提出更高的要求。

###### 7.4.3.2.2 试品准备和试验程序

对具有并联连接的非线性保护元件的 SPD，应对每个包含分开的独立的脱离器部件的电流路径进行试验，试验时断开/中断其余的电流路径。如果相同型式和参数的元件并联连接，并且每个独立的脱离器部件使用相同的零件和结构并分属每个组件，进行任何三个相同电流路径的试验可满足三个试品的要求。

任何与电压限制型元件串联连接的电压开关型元件应采用一根铜线或模拟替代物短路，铜线的直径应使其在试验时不熔化。

制造商应提供按上述要求准备的试品。

a) 只有电压限制型元件的 SPD 试验程序

试品应连接到可调线性直流电源。

电源电压应足够高使 SPD 有电流流过。对于该试验，电流调整到一个恒定值，试验电流的允许偏差为  $\pm 10\%$ 。对于第一个试品，试验从直流 2 mA 开始，或者如果试品在  $U_{\text{CPV}}$  下的泄漏电流已经超过直流 2 mA，则从  $U_{\text{CPV}}$  开始。

然后，试验电流以 2 mA 或先前调节的试验电流 5% 的步幅（两者取较大值）增加。

对于另外两个试品，起始点应从 2 mA 变为第一个试品脱扣时的电流值的前 5 步的电流值。

每一步保持直到达到热平衡（即最热点在 10 min 内温度变化小于 2 K）。

连续监测 SPD 外壳最热点的表面温度（仅对可触及的 SPD）和流过 SPD 的电流。

最热点可通过初始试验确定，或进行多点监测以确定最热点。

如果所有被测试的非线性元件断开，则试验终止，试验电压不应再增加，以避免任何脱离器故障。

当质疑所有非线性元件是否脱扣，应进行目测检查。

注 1：若只发生元件的破裂不认为是脱扣。

试验时，如果 SPD 端子间的电压跌到低于  $0.9U_{\text{CPV}}$ ，则将试品从可调电源上拆下，连接到一个具有制造商宣称的最大高达 5 kA 的额定短路电流的大电流直流电源，电压为  $U_{\text{CPV}}$ 。从检测到电压跌落到切换到大电流直流电源的转换时间不超过 100 ms，试品应连接到大电流直流电源并保持 15 min。

注 2：调节电源的特性有必要满足以下要求，当电压限制型元件出现故障导致电流突然增加时，输出电压需要跌落到  $U_{\text{CPV}}$  以下。

b) 有电压开关型元件与其他元件串联的 SPD 的试验程序

SPD 采用电压为  $U_{CPV}$  的大电流线性直流电源供电,电源具有在任何脱离器动作前不会限制电流的短路电流能力。最大可达到的电流值不应超过制造商声明的额定短路电流。

如果没有明显的电流流过,应接着进行 a) 试验程序。

注 3:“没有明显的电流”的含义是指 SPD 没有进入导通转换的突变状态(即 SPD 保持热稳定)。

7.4.3.2.3 合格判据

应满足表 5 中的合格判据 C、I 和 M。此外,OCFM 类 SPD 应符合合格判据 H 和 J,SCFM 类 SPD 应符合合格判据 P 和 Q。

对于户内型 SPD,在整个试验过程中和试验后试品表面温升不应超过 120 K,在试验中所有非线性元件断开 5 min 后,表面温升不应超过 80 K。

7.4.4 SPD 失效模式特性试验

7.4.4.1 试品准备

7.4.4.1.1 概述

制造商应提供连接在任何保护模式间(+) PE、- PE 和 + N -) 的元件按以下方式处理过的试品。

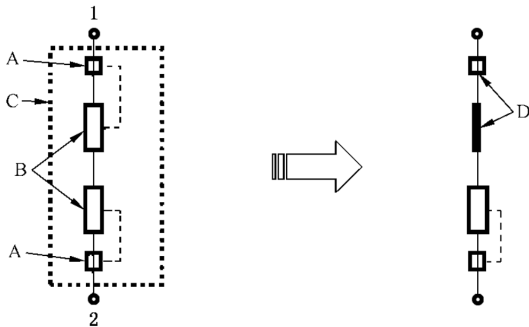
7.4.4.1.2 一般方式

当 SPD 只包含一个电压限制型元件,或者多个电压限制型元件串联,所有电压限制型元件应采用相同特性的新元件来替代,新元件的压敏电压  $U_{1mA}$  应为原限压型元件压敏电压  $U_{1mA}$  的 50%~60%。用来替代的元件除与  $U_{1mA}$  相关的参数外,其他参数(如标称放电电流、尺寸等)应与原元件相同。SPD 的其他部件(如脱离器、端子、连接器等)不应做改变。

7.4.4.1.3 替代选择方式 1

如果 SPD 有两个相同的电压限制型元件串联,其中的一个应被合适的铜块替代(见图 7)。

每一个预期电流设置应要求单独的三个一组试品。如果待测保护模式中电压限制型元件,包括它们的内部连接,连接的截面和周围的材料(如树脂)以及包装均不相同,试验应通过短路其他电压限制型元件中的一个进行重复来实现。



说明:

1、2——待测保护模式的连接点;

A ——脱离器(如有);

B ——串联的电压限制型元件,如 MOV;

C ——未改变的 SPD;

D ——短路。

图 7 SPD 失效模式特性试验的试品准备示例

#### 7.4.4.1.4 替代选择方式 2

使用一个未改变的试品,施加 7.4.4.2.1 或 7.4.4.3.1 规定的试验电压,试验电压等于 2 倍的  $U_{CPV}/1.2$  或者制造商同意的更高电压。

#### 7.4.4.2 宣称开路失效模式 SPD 的试验

##### 7.4.4.2.1 试验设置和试验程序

如果有制造商指定,SPD 本身及其脱离器应按照制造商的要求安装,并且用最大截面积的导线连接。

SPD 应与一个满足 7.2.3 要求的电源连接。试验应在下列的每一个预期短路电流下进行。

对于试验电源  $PV_4$ :

- $I_{SCPV}^{+5\%}_0$ ;
- $10^{+5\%}_0$  A, 仅当  $I_{SCPV}$  大于 10 A 时。

对于试验电源  $DC_3$ :

- 2.7 倍  $I_{SCPV}^{+5\%}_0$ ;
- $I_{SCPV}^{+5\%}_0$ ;
- $10^{+5\%}_0$  A, 仅当  $I_{SCPV}$  大于 10 A 时。

当使用电源  $DC_3$  时,针对预期短路电流为  $I_{SCPV}$  的 2.7 倍的试验,为了探测的目的应与试品串联一只熔断器。该熔断器应有不高于特性为 gPV,额定电流为  $I_{SCPV}$  的熔断器的熔化积分值  $I^2t$ 。SPD 制造商应提供熔断器更低值的信息。

注:参见 IEC 60269-6 查阅 gPV 熔断器特性。

针对不满足合格时间判据的 SPD,可增大测试电压重复测试。如果再次不满足合格时间判据,可重复此程序。

此外,将如 IEC 61643-11:2011 的 8.1.3 规定的冲击电压发生器产生的触发电压施加到待测的实际保护模式上,该触发电压应足够高使得任何串联的开关型元件进入导通状态。

如果电压开关型元件不能保持导通状态,试验可用下列选项之一重复:

- 短路电压开关型元件,或
- 使用更低  $U_{1mA}$  的电压限制型元件,或
- 提高试验电压。

##### 7.4.4.2.2 合格判据

电源电流应被一个内部或外部的脱离器分断:

- 当使用预期短路电流为  $I_{SCPV}$  的电源  $PV_4$  或预期短路电流为 2.7 倍  $I_{SCPV}$  的电源  $DC_3$  时,分断时间应少于 60 s。当采用电流为 2.7 倍  $I_{SCPV}$  的电源  $DC_3$  进行试验时,用于探测的熔断器不应动作。
- 当使用预期短路电流为  $I_{SCPV}$  的电源  $DC_3$  时,分断时间应少于 5 min。
- 当使用预期短路电流为 10 A 的电源  $PV_4$  或  $DC_3$  时,分断时间应少于 20 min。

应满足表 5 中的合格判据 C、H、I、J、L 和 M。

#### 7.4.4.3 宣称短路失效模式 SPD 的试验

##### 7.4.4.3.1 试验设置和试验程序

如果有制造商指定,SPD 本身及其脱离器应按照制造商的要求安装,并且用最大截面积的导线连接。

SPD 应与一个满足 7.2.3 要求的电源连接。试验应在下列的每一个预期短路电流下进行。

对于试验电源  $PV_4$ ：

- $I_{SCPV}^{+5\%}_0$ ；
- $10^{+5\%}_0$  A，仅当  $I_{SCPV}$  大于 10 A 时。

针对不满足合格时间判据的 SPD，可增大测试电压重复测试。如果再次不满足合格时间判据，可重复此程序。

此外，将如 IEC 61643-11:2011 中 8.1.3 规定的冲击电压发生器产生的触发电压施加到待测的实际保护模式上，该触发电压应足够高使得任何串联的开关型元件进入导通状态。

如果电压开关型元件不能保持导通状态，试验可用下列选项之一重复：

- 使用更低  $U_{1mA}$  的电压限制型元件，或
- 提高试验电压。

#### 7.4.4.3.2 合格判据

对于制造商声明失效模式为短路失效模式的 SPD，满足以下要求：

- 当使用预期短路电流为  $I_{SCPV}$  的电源  $PV_4$ ，试验过程中 SPD 应在少于 60 s 的时间内进入短路模式；
- 当使用预期短路电流为 10 A 的电源  $PV_4$ ，SPD 应在少于 20 min 内进入短路模式。

应满足表 5 中的合格判据 C、I、L、M、P 和 Q。

#### 7.4.5 介电强度

##### 7.4.5.1 概述

户外使用的 SPD 在接线端间试验，内部部件拆下。在本试验过程中，按 IEC 60060-1:2010 的 9.1 对 SPD 喷水。

户内型 SPD 按 IEC 61643-11:2011 中 8.3.6 的 a) 和 b) 所述进行试验。

按表 8 用直流电压对 SPD 进行试验。开始时电压不超过所要求的直流电压的一半，然后在 30 s 内增加至全值，并保持 1 min。

表 8 介电强度

SPD 持续工作电压 V	直流测试电压 kV
$U_{CPV} < 100$	1.1
$100 \leq U_{CPV} < 200$	1.7
$200 \leq U_{CPV} < 450$	2.2
$450 \leq U_{CPV} < 600$	3.3
$600 \leq U_{CPV} < 1\ 200$	4.2
$1\ 200 \leq U_{CPV} \leq 1\ 500$	5.8

##### 7.4.5.2 合格判据

不应发生闪络和击穿，然而如果在放电时电压的变化小于 5%，可允许局部放电。

试验用电源变压器应设计成在开路的接线端子间调整到试验电压后，如把接线端子短路，至少应流过 200 mA 的短路电流。只有当试验电流超过 100 mA 时过电流继电器（如果有）才动作。测量试验电压的装置应具有 ±3% 的精度。



7.4.6 持续工作电流  $I_{CPV}$

7.4.6.1 概述

应在 SPD 正负端子间施加  $U_{CPV}$  测量。  
记录流过正负端子之间的直流电流(除了纹波)。

7.4.6.2 合格判据

测得的持续电流值不应超过制造商根据 6.1.1 宣称的值。

7.5 机械试验

7.5.1 验证电气间隙和爬电距离

用于户内和类似环境中的 SPD 应按污染等级 2 来设计。  
在更加严酷环境中使用的 SPD 可要求特别的预防措施,例如一个合适的 SPD 罩子或外壳,确保 SPD 满足的污染等级 2。  
注:没有通风口的 SPD 防护罩可认为对限制污染提供了充分的保护,可对内部爬电距离采用污染等级 2 的要求。  
对于户外型和不可触及的 SPD 按污染等级 4 验证电气间隙和爬电距离。如果 SPD 覆盖了足够的外壳确保满足污染等级 3 的条件,则可降低到污染等级 3 确定内部距离。  
确定电气间隙和爬电距离时,不应考虑放电间隙电极之间的距离。

7.5.2 合格判据

电气间隙和爬电距离不应小于表 9 和表 10 中的值,表 10 应用于表 9 中的 1)、2)和 3),用于 SPD 相关部件的表 11 的材料分类作为表 10 的输入参数。  
注:海拔高度超过 2 000 m 时,参考 GB/T 16935.1—2008 中表 F.2 来确定电气间隙,使用  $U_{max}$  作为输入参数给情况 A(非均匀场条件下)的列中。但在任何情况下,由于机械方面的原因,要满足表 9 中的最低要求。

表 9 SPD 的电气间隙

$U_{max}$	$\leq 2\,000\text{ V}^a$	$\leq 4\,000\text{ V}$	$>4\,000\text{ V}$ $\leq 6\,000\text{ V}$	$>6\,000\text{ V}$ $\leq 8\,000\text{ V}$
	电气间隙/mm			
1) 不同极的带电部件之间	1.5	3	5.5	8
2) 带电部件与				
——安装 SPD 时应拆卸的固定盖的螺钉或其他工件之间	1.5	3	5.5	8
——安装表面 <sup>c</sup>	3	6	11	16
——安装 SPD 的螺钉或其他工件之间 <sup>c</sup>	3	6	11	16
——壳体之间 <sup>b,c</sup>	1.5	3	5.5	8
3) 脱离器机构的金属部件与				
——壳体之间 <sup>b</sup>	1.5	3	5.5	8
——安装 SPD 的螺钉或其他工具	1.5	3	5.5	8
<sup>a</sup> 该栏仅适用于 $U_{CPV} \leq 180\text{ V}$ 的 SPD。 <sup>b</sup> 定义见 IEC 61643-11:2011 8.3.6 a)。 <sup>c</sup> 如果 SPD 的带电部件与金属隔板或 SPD 安装平面之间的电气间隙仅与 SPD 的设计有关,使得 SPD 在最不利的条件下(甚至在金属外壳内)安装,其电气间隙也不会减少时,则采用列 1)中的值就足够。				

表 10 SPD 的爬电距离

直流 电压 <sup>b,c</sup> V	最小爬电距离/mm								
	印刷电路材料		污染等级						
	污染等级								
	1	2	1	2			3		
	所有材料组	除Ⅲ b 以外的所有材料组	所有材料组	材料组 <sup>a</sup>			材料组 <sup>a</sup>		
I				Ⅱ	Ⅲ	I	Ⅱ	Ⅲ <sup>d</sup>	
10	0.025	0.04	0.08	0.4	0.4	0.4	1	1	1
12.5	0.025	0.04	0.09	0.42	4.42	4.42	1.0	1.05	1.05
16	0.025	0.04	0.1	0.45	0.45	0.45	1.1	1.1	1.1
20	0.025	0.04	0.11	0.48	0.48	0.48	1.2	1.2	1.2
25	0.025	0.04	0.125	0.5	0.5	0.5	1.2	1.25	1.25
32	0.025	0.04	0.14	0.53	0.53	0.53	1.3	1.3	1.3
40	0.025	0.04	0.16	0.56	0.8	1.1	1.4	1.6	1.8
50	0.025	0.04	0.18	0.6	0.85	1.2	1.5	1.7	1.9
63	0.04	0.063	0.2	0.63	0.9	1.25	1.6	1.8	2
80	0.063	0.1	0.22	0.67	0.95	1.3	1.7	1.9	2.1
100	0.1	0.16	0.25	0.71	1	1.4	1.8	2	2.2
125	0.16	0.25	0.28	0.75	1.05	1.5	1.9	2.1	2.4
160	0.25	0.4	0.32	0.8	1.1	1.6	2	2.2	2.5
200	0.4	0.63	0.42	1	1.4	2	2.5	2.8	3.2
250	0.56	1	0.56	1.25	1.8	2.5	3.2	3.6	4
320	0.75	1.6	0.75	1.6	2.2	3.2	4	4.5	5
400	1	2	1	2	2.8	4	5	5.6	6.3
500	1.3	2.5	1.3	2.5	3.6	5	6.3	7.1	8
630	1.8	3.2	1.8	3.2	4.5	6.3	8	9	10
800	2.4	4	2.4	4	5.6	8	10	11	12.5
1 000	3.2	5	3.2	5	7.1	10	12.5	14	16
1 250			4.2	6.3	9.0	12.5	16.0	18	20.0
1 600			5.6	8.0	11.0	16	20.0	22.0	25.0
如果实际电压不同于表中的值,允许使用内插法得到中间电压。当使用内插法时,宜采用线性内插法。数值宜取整到和表中的值一样的位数。									
<sup>a</sup> 关于材料组的进一步信息参考表 11。 <sup>b</sup> 这个电压是: ——对于绝缘功能,即工作电压。 ——对于主电源供电的电路的基本绝缘和附加绝缘,是在设备的额定电压或额定绝缘电压的基础上,通过 GB/T 16935.1—2008 的表 F.3a 合理化的电压。 ——对于系统、设备和不直接从主电源供电的内部电路的基本绝缘和附加绝缘,在额定电压和在设备等级内操作条件的最繁琐的组合下,在系统、设备和内部电路上产生的最大电压。 <sup>c</sup> 针对主保护电路,该栏参考 $U_{CPV}$ 。 <sup>d</sup> 材料Ⅲ b 不可用于 630 V 以上的污染等级 3 中。									

表 11 材料组和分类之间的关系

材料组 I	$600 \leq \text{CTI}$
材料组 II	$400 \leq \text{CTI} < 600$
材料组 III a	$175 \leq \text{CTI} < 400$
材料组 III b	$100 \leq \text{CTI} < 175$
注：材料组和分类之间的关系是根据 IEC 60112(CTI 值,使用溶液 A)。	

不接导体以及连接制造商规定的最大截面积的导体时,测量电气间隙和爬电距离。假定螺母和非圆头螺钉拧紧在最不利的位置。

如果有隔板,电气间隙沿着隔板测量;如果隔板由不连接在一起的两部分组成,电气间隙通过分隔的间隙测量。绝缘材料制成的外部零件的槽和孔的爬电距离测量至可触及表面覆盖的金属箔之间的距离;测量时金属箔不能压入孔内,但可根据 IEC 60529 用试验指将它推进角落和类似的地方。

如果在爬电距离路径上有槽,只有在槽宽至少为 1 mm 时,才把槽的轮廓计入爬电距离;槽小于 1 mm,仅考虑其宽度。

如果隔板由不粘合在一起的两部分组成,爬电距离通过分开的间隙测量。如果带电部件与隔板相应表面之间的空气间隙小于 1 mm,仅考虑通过分隔表面的距离,把它看作爬电距离。否则,把整个距离,即空气间隙和通过分隔表面的距离之和看作电气间隙。如果金属部件被至少 2 mm 厚的自硬性树脂覆盖,或如果能承受 7.4.5 的试验电压的绝缘覆盖,则不需要测量爬电距离和电气间隙。

填充材料或树脂不应漫过槽孔的边缘,而应牢固地附着在槽孔壁及其中的金属物上。

可通过目检和不使用工具而试图剥离填充物或树脂来进行测试。

## 7.6 环境和材料试验

### 7.6.1 湿热条件下的寿命测试

测试依据 GB/T 2423.3—2016 进行,并适用于每种保护模式的试品。

试品放入温度为  $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ 、相对湿度为  $93\% \pm 3\%$  的环境箱连续 500 h( $\pm 1\text{ h}$ )。在试验过程中,每种保护模式被连接在一个预期短路电流至少为 100 mA 的试验电源上,将直流电压调节至  $U_{\text{CPV}}$ 。

### 7.6.2 合格判据

将试品从环境箱中取出  $1\text{ h} \pm 10\text{ min}$  后,应满足表 5 中的合格判据 C、E 和 G。

## 7.7 特殊 SPD 设计的附加试验

### 7.7.1 输入/输出端子分开的一端口的 SPD 试验

#### 7.7.1.1 额定负载电流( $I_L$ )

SPD 在常温下用表 12 规定的标称截面的电缆施加电压  $U_{\text{CPV}}^{0/-5\%}$ 。试验应在流过阻性负载的额定负载电流下进行,直到达到热平衡,不允许对 SPD 进行强制冷却。

表 12 额定负载电流的试验导体

试验电流 A																					
>	0	8	12	15	20	25	32	50	65	85	100	115	130	150	175	200	225	250	275	300	350
≤	8	12	15	20	25	32	50	65	85	100	115	130	150	175	200	225	250	275	300	350	400
导体横 截面积 mm <sup>2</sup>	1.0	1.5	2.5	2.5	4.0	6.0	10	16	25	35	35	50	50	70	95	95	120	150	185	185	240

7.7.1.2 合格判据

应满足表 5 中的 C、F 和 G,还应满足以下的附加合格判据。  
试验过程中,在正常使用下可触及表面的温升不应超过 IEC 61643-11:2011 附录 G 中描述的值。

7.7.2 户外型 SPD 的环境试验

参见 IEC 61643-11:2011 附录 F。应用这些试验和试验程序应得到制造商和用户的同意。

7.7.3 分开隔离电路的 SPD

主电路和分开隔离电路间的绝缘电阻应根据 IEC 61643-11:2011 中 8.3.6 进行试验。  
主电路和分开隔离电路间的介电强度应按照下面要求进行试验：  
——参照 7.4.5,如果分开隔离电路为直流和/或  
——参照 IEC 61643-11:2011 8.3.7,如果分开隔离电路为交流。

8 例行试验和验收试验

8.1 例行试验

应进行适当的试验来验证 SPD 能满足其性能要求。制造商应声明试验方法。

8.2 验收试验

验收试验按制造商和用户的协议进行。当用户在购货协议中规定了验收试验时,应抽取最接近并小于 SPD 供货数量立方根的整数进行下列试验。任何试品的数量或试验型式的变更应由制造商和用户协商。

如果没有其他规定,下列试验作为验收试验：  
——按 6.1.1 的规定,验证标识；  
——按 6.1.2 的规定,验证标志；  
——根据相关条款验证电气参数(例如 IEC 61643-11:2011 中 8.3.3 的确定限制电压)。

## 附录 A

### (规范性附录)

#### 确定是否存在开关型元件和续流大小的试验

##### A.1 概述

该试验由制造商进行,用以提供 6.1.1.5 1)和/或 6.1.1.5 2)和 7.2.3.2 要求的信息。

##### A.2 确认是否存在开关型元件的试验

只有当不知道 SPD 的内部设计时,才需要进行该试验。仅对这项试验,应使用一个新的试品。

对于 SPD 的Ⅰ类试验和Ⅱ类试验,采用峰值为制造商声明的  $I_n$  或  $I_{imp}$  的 8/20 标准电流冲击。对于 SPD 的Ⅲ类试验,应采用开路电压等于制造商声明  $U_{OC}$  的复合波发生器。

对 SPD 施加一次冲击。应记录 SPD 上的电压波形图。

如果记录的电压波形显示出突然下降,则认为 SPD 包含开关(crowbar)元件。

##### A.3 确定续流大小的试验

该预备性试验是用来确定续流的峰值是大于还是小于 5 A。

如果知道 SPD 的内部设计和续流的峰值,不需要进行预备性试验。

- 试验应用一个新试品进行。
- 该试验电源为线性直流电源。
- 预期短路电流应为  $100^{+5\%}_0$  A。该测试回路中应有一个  $100^{+10\%}_0 \mu\text{H}$  的电感。
- 电压应在试品端子处测量,应等于最大持续工作电压  $U_{CPV}^{0}_{-5\%}$ 。
- 应用 8/20 冲击电流或复合波触发续流。
- 峰值应相当于  $I_n$  或  $I_{imp}$  或  $U_{OC}$ 。
- 冲击极性与电压极性相符。
- 测量并记录续流的峰值。

附录 B  
(资料性附录)  
PV 试验电源的瞬态特性

B.1 7.2.3.1 中 PV 试验电源的瞬态特性

为了确保在动作负载试验和过载特性试验中使用的 PV 电源给出可比较的结果,有必要找到一个对试验电源的特性精确定义的过程。

PV 电源的瞬态  $i(t)$  和  $u(t)$  特性取决于关断时间  $t_{OFF}$ , 并和具有相同  $U_{oc}$  和  $I_{SC}$  的线性电源的关断时间不同。

B.2 利用半导体开关确定 PV 试验电源瞬态特性的试验设置

图 B.1 展示了用于确定 PV 试验电源瞬态特性的试验设置。

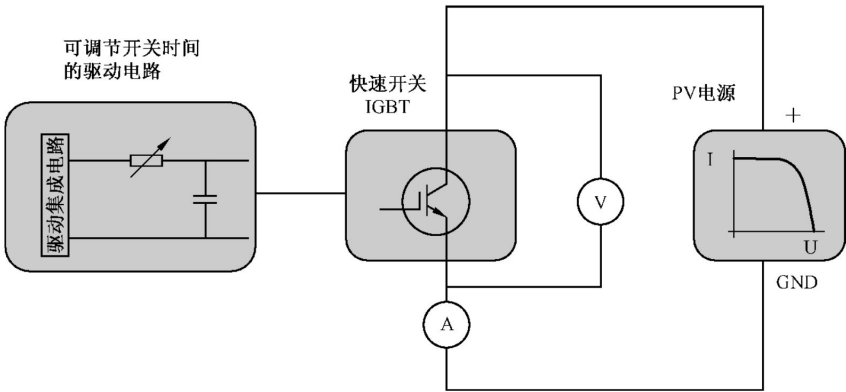


图 B.1 使用可调半导体开关的用于确定 PV 试验电源瞬态特性的试验设置

半导体开关应调节到可在  $50\ \mu\text{s}$  到  $100\ \mu\text{s}$  的时间内关断 PV 试验电源(图 B.2)。

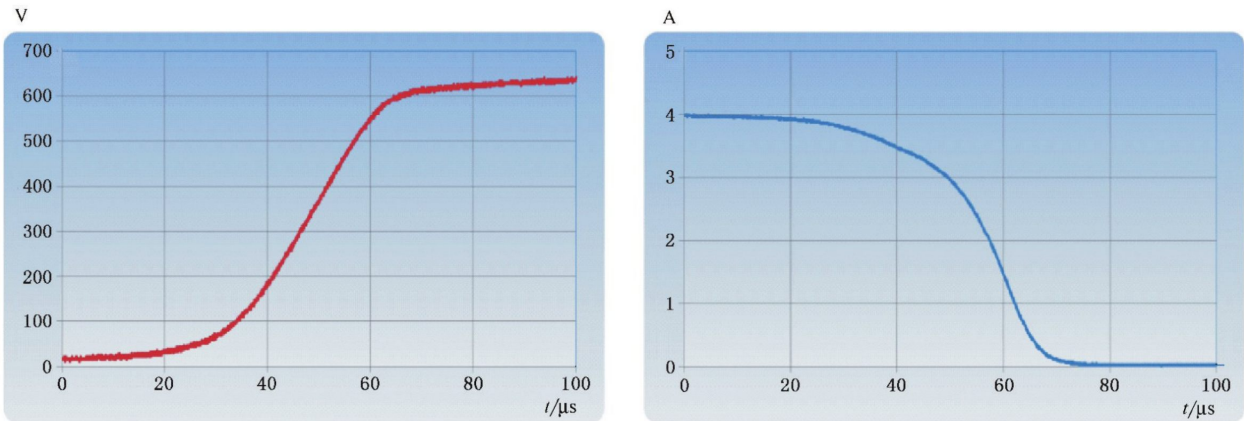


图 B.2 在  $I_{SC} = 4\ \text{A}$ ,  $U_{oc} = 640\ \text{V}$  的 PV 电源下半导体开关关断过程的电压和电流特性曲线



将测量得到的  $i(t)$  和  $u(t)$  曲线按比例进行归一化,得到关断曲线,其和  $U_{oc}$  与  $I_{sc}$  无关(图 B.3)。

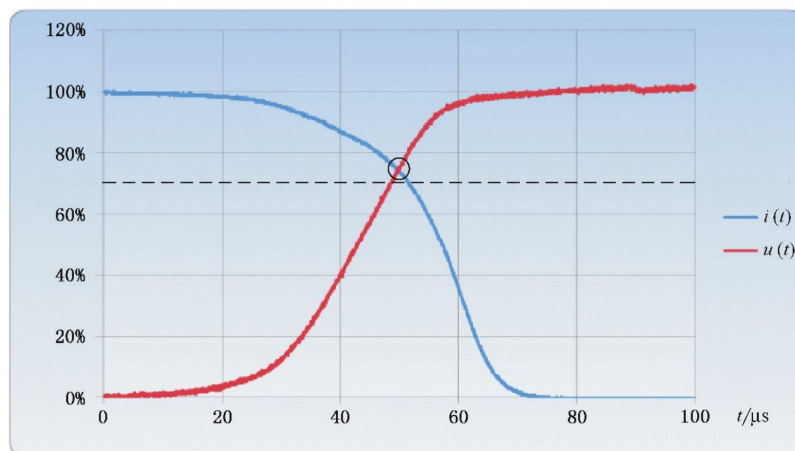


图 B.3 含交汇点  $i(t)/u(t)$  的半导体开关关断特性曲线(归一化)

在按比例归一化的  $i(t)$  和  $u(t)$  曲线之间的交汇点应大于或等于 70%。

当关断时间  $t_{OFF}$  大于 50  $\mu s$ , 计算得到的 PV 试验电源的  $i(t)$  和  $u(t)$  特性需符合 PV 试验电源的静态特性  $i = f(u)$  (图 B.4)。

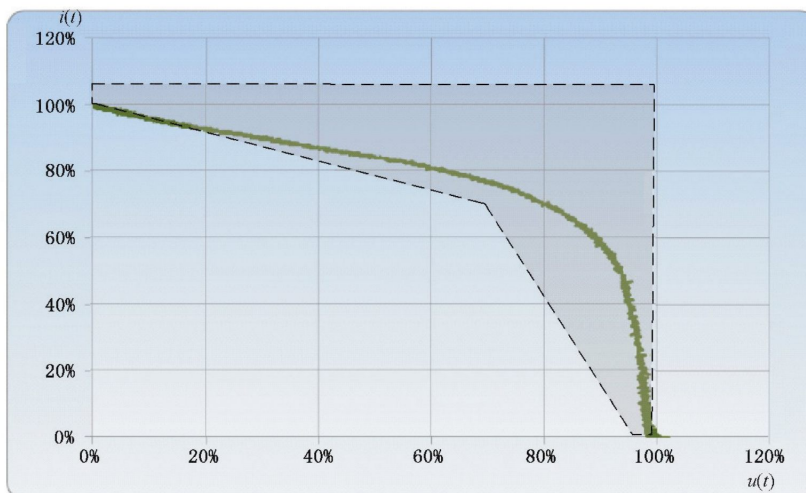


图 B.4 从图 B.3 归一化电流和电压记录中计算得到的 PV 试验电源的  $i/u$  特性

### B.3 使用熔断器的替代试验设置

作为 7.2.3 试验设置的代替,图 B.5 中的试验电路使用额定电流为  $0.1 \times I_{scPV}$  的熔断器(PV 类型)来确定 PV 试验电源的特性。

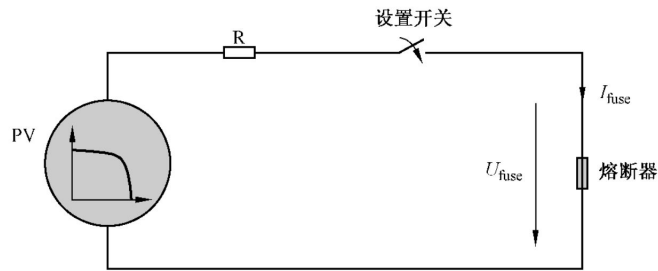


图 B.5 使用熔断器(PV 类型)来确定 PV 试验电源特性的试验设置

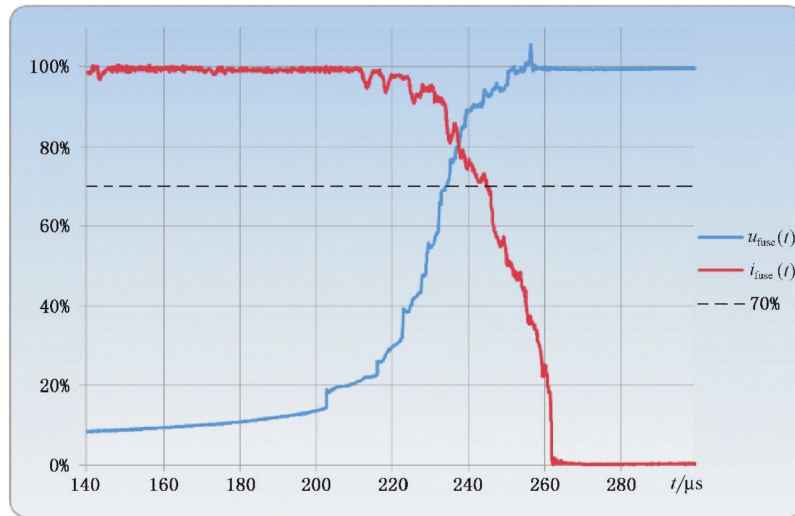


图 B.6 含交汇点  $i(t)/u(t)$  的 PV 电源的额定电流为  $0.1 \times I_{\text{SCPV}}$  的熔断器动作时的归一化分断特性

在按比例归一化的  $i(t)$  和  $u(t)$  曲线之间的交汇点应大于或等于 70%。当关断时间  $t_{\text{OFF}}$  大于 50  $\mu\text{s}$ ，计算得到的 PV 试验电源的  $i/u$  特性应符合 PV 试验电源的静态特性  $i = f(u)$  (图 B.7)。

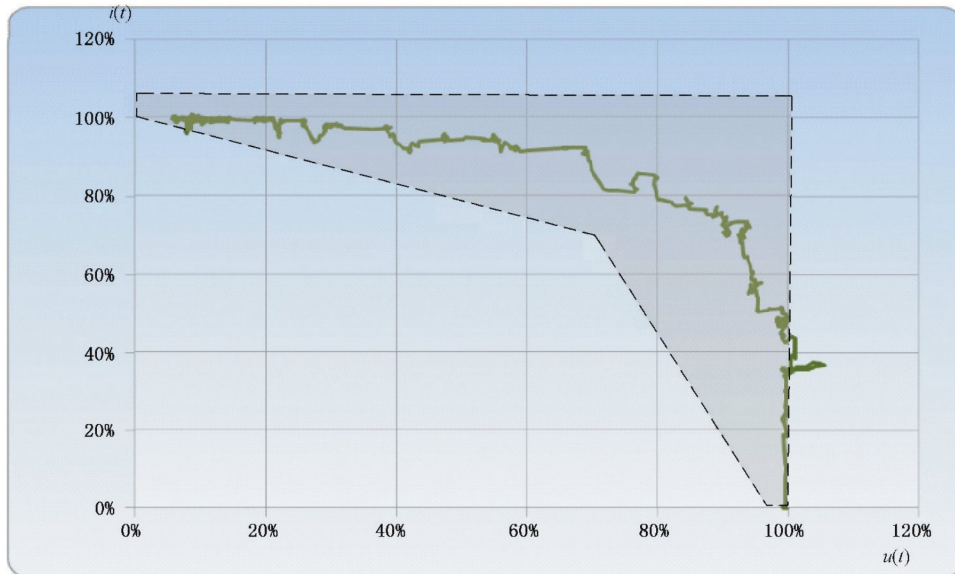


图 B.7 从图 B.6 归一化电流和电压记录中计算得到的 PV 试验电源的  $i/u$  特性



## 参 考 文 献

- [1] GB/T 2900.83—2008 电工术语 电的和磁的器件
  - [2] GB/T 16927.4—2014 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
  - [3] IEC 60112 Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials
  - [4] IEC 60269-6 Low-voltage fuses—Part 6: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of solar photovoltaic energy systems
  - [5] IEC 60364-5-51 Electrical installations of buildings—Part 5-51: Selection and erection of electrical equipment—Common rules
  - [6] IEC 61000-6-1 Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 6-1: Generic standards Immunity for residential, commercial and light-industrial environments
  - [7] IEC 61180 High-voltage test techniques for low-voltage equipment—Definitions, test and procedure requirements, test equipment
  - [8] IEC 62305 (all parts) Protection against lightning
  - [9] IEC 60950 Information technology equipment—Safety
  - [10] IEC 61643-32 Low-voltage surge protective devices—Part 32: Surge protective devices connected to the d.c. side of photovoltaic installations—Selection and application principles
  - [11] ISO 4892-1 Plastics—Methods of exposure to laboratory light sources—Part 1: General guidance
  - [12] ISO 4892-2 Plastics—Methods of exposure to laboratory light sources—Part 2: Xenon-arc lamps
  - [13] ISO 4628-3 Paints and varnishes—Evaluation of degradation of coatings—Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance—Part 3: Assessment of degree of rusting
  - [14] ASTM G151 Standard Practice for Exposing Nonmetallic Materials in Accelerated Test Devices that Use Laboratory Light Sources
-





中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准

低压电涌保护器 第 31 部分:用于光伏  
系统的电涌保护器 性能要求和试验方法

GB/T 18802.31—2021/IEC 61643-31:2018

\*

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.org.cn

服务热线:400-168-0010

2021 年 3 月第一版

\*

书号: 155066 • 1-66876

版权专有 侵权必究



GB/T 18802.31-2021



码上扫一扫 正版服务到