



中 华 人 民 共 和 国 国 家 标 准

GB/T 18802.11—2020
代替GB/T 18802.1—2011

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

Low-voltage surge protective devices (SPD)—Part 11: Surge
protective devices connected to low-voltage power systems—
Requirements and test methods

(IEC 61643-11:2011, Low-voltage surge protective devices—Part 11:
Surge protective devices connected to low-voltage power systems—
Requirements and test methods, MOD)

2020-12-14发布

2021-07-01实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
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
GB/T18802.11—2020

*

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

2020年12月第一版

书号: 155066 • 1-66379

版权专有 侵权必究

目 次

前言 V

引言 VIII

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义、缩略语和符号 1

 3.1 术语和定义 1

 3.2 缩略语和符号 7

4 使用条件 8

 4.1 频率 8

 4.2 电压 8

 4.3 气压和海拔 8

 4.4 温度 8

 4.5 湿度 8

5 分类 9

 5.1 端口数 9

 5.2 SPD 的设计类型 9

 5.3 SPD 的 I 类、II 类和 III 类试验 9

 5.4 使用地点 9

 5.5 可触及性 9

 5.6 安装方式 10

 5.7 SPD 的脱离器(包括过电流保护) 10

 5.8 按 GB/T 4208 的 IP 代码的外壳防护等级 10

 5.9 温度和湿度范围 10

 5.10 电源系统 10

 5.11 SPD 的失效模式 10

6 SPD 优选值 10

 6.1 I 类试验的冲击电流 I_{m} 优选值 11

 6.2 II 类试验的标称放电电流 I_{c} 优选值 11

 6.3 III 类试验的开路电压 U_{o} 优选值 11

 6.4 电压保护水平 U_{p} 优选值 11

 6.5 最大持续工作电压 U_{c} 的优选值 11

7 技术要求 11

 7.1 一般要求 11

7.2	电气性能要求	13
7.3	机械性能要求	15
7.4	环境和材料要求	17
7.5	特殊 SPD 设计的附加要求	17
7.6	制造商可声明的附加要求	18
8	型式试验	19
8.1	总则	19
8.2	一般试验程序	19
8.3	标志的耐久性试验	28
8.4	电气试验	28
8.5	机械试验	45
8.6	环境和材料试验	55
8.7	特殊 SPD 设计的附加试验	57
8.8	制造商声明的特殊性能的附加试验	61
9	例行试验和验收试验	62
9.1	例行试验	62
9.2	验收试验	62
附录A	(资料性附录) 本部分与 IEC 61643-11:2011 相比的结构变化情况	64
附录B	(规范性附录) SPD 的参考试验电压 U _{REF}	67
附录C	(规范性附录) TOV 等级	69
附录D	(规范性附录) 确定是否存在开关型元件和续流大小的试验	71
附录E	(资料性附录) 户外型 SPD 的环境试验	72
附录F	(资料性附录) 振动和冲击试验	74
附录G	(规范性附录) 简化试验程序	76
附录H	(资料性附录) 高(中)压系统故障引起 TOV 下 SPD 试验的可选电路	78
附录I	(规范性附录) 温升限值	79
附录J	(资料性附录) 基础限制电压试验	80
参考文献		81
图 1	金属屏栅的试验布置	20
图 2	用于单相电源去耦网络的示例	27
图 3	用于三相电源去耦网络的示例	27
图 4	测量限制电压的替代试验	28
图 5	确定电压保护水平 U _p 的试验流程图	30
图 6	动作负载试验的流程图	32
图 7	动作负载试验的试验设置	33
图 8	I 类、II 类试验的动作负载时序图	34

图 9 I类试验的附加动作负载试验时序图	35
图 10 III类试验的动作负载试验时序图	35
图 11 模拟 SPD 失效模式的试验电路	39
图 12 模拟 SPD 失效模式的时序图	39
图 13 在低压系统故障引起的 TOV 下进行试验的电路示例	42
图 14 在低压系统故障引起的 TOV 下进行试验相应的时序图	43
图 15 在高(中)压系统故障引起的 TOV 下试验用于 TT 系统的 SPD 时采用的电路示例	44
图 16 在高(中)压系统故障引起的 TOV 下用于 TT 系统的 SPD 端子上预期电压的相应 时序图	45
图 17 撞击试验装置	53
图 18 摆锤的撞击元件	54
图 19 球压试验装置	56
图 20 球压试验装置的载荷杆	56
图 21 负载侧短路电流试验的试验电路示例	59
图H.1 用于高(中)压系统故障引起 TOV 下用于 TT 系统 SPD 试验的三相和单相电路的示例	78
表 1 缩写列表	7
表 2 I类、II类和III类试验	9
表 3 适用于 SPD 的型式试验要求	21
表 4 型式试验的通用合格判据	23
表 5 合格判据和型式试验的交叉参照	24
表 6 I类试验参数	25
表 7 确定测量限制电压需进行的试验	30
表 8 预期短路电流和功率因数	37
表 9 介电强度	41
表 10 螺钉的螺纹直径和施加的扭矩	46
表 11 螺钉型端子或无螺钉端子能连接的铜导体截面积	47
表 12 拉力(螺钉型接线端子)	47
表 13 导体尺寸	48
表 14 拉力(无螺钉接线端子)	48
表 15 SPD 的电气间隙	50
表 16 SPD 的爬电距离	50
表 17 材料组和分类之间的关系	51
表 18 用于撞击要求的下落距离	55
表 19 额定负载电流试验的试验导体	57
表 20 过载特性的电流系数 k	59

表 21 均衡电涌电流的误差..... 61

表A.1 本部分与IEC 61643-11:2011的章条编号对照情况64

表B.1 参考试验电压URFF..... 67

表 C.1 符合GB/T 16895系列标准的系统的 TOV 试验值..... 69

表 F.1 各种环境的典型振动和冲击试验参数 74

表G.1 符合GB/T 18802.1—2011的SPD 的简化试验程序 76

表I.1 温升限值..... 79

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 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;
- 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11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 18802.1—2011《低压电涌保护器(SPD) 第1部分: 低压配电系统的电涌保护器性能要求和试验方法》,与GB/T 18802.1—2011 相比,主要技术变化如下:

- 修改了范围(见第1章, 2011年版的1.1);
- 修改了规范性引用文件(见第2章, 2011年版的1.2);
- 修改和增加了部分术语和定义(见第3章, 2011年版的第3章);
- 修改了使用条件中的频率范围、海拔范围、湿度范围,增加了气压范围(见第4章, 2011年版的第2章);
- 删除了分类中的部分三级标题和四级标题,修改了表2中I类、II类和III类试验相应内容,把易触及修改为可触及,温度范围修改为温度和湿度范围,删除了过电流保护的分类和电源系统中直流相关部分,增加了SPD 的失效模式(见第5章);
- 把技术要求中安全要求的相关内容并入电气性能要求、机械性能要求和环境要求,并增加了特殊SPD 设计的附加要求和制造商可声明的附加要求(见第7章);
- 修改了一般试验程序中SPD 的型式试验要求表、用于I类试验的冲击放电电流的定义及其参数允差、8/20电流波形在电流下降到零后的任何极性反向的电流值的百分比,增加了薄纸和金属屏栅的使用要求、型式试验的通用合格判据表、合格判据和型式试验的交叉参照表、不用去耦网络进行限制电压试验的替代试验电路,删除了8/20电流和1.2/50电压试验测量精度的要求(见8.2, 2011年版的7.1);
- 增加了标志的耐久性试验的替代方案(见8.3);
- 修改了剩余电流(残流)I_{pe}的试验方法(见8.4.2, 2011年版的7.7.5);
- 增加了限制电压中U_{max}的确定方法(见8.4.3);
- 修改了动作负载试验的流程图、II类和III类动作负载试验、两组冲击之间的间隔时间(见8.4.4, 2011年版的7.6);

- 修改了热稳定试验试品准备的要求和仅有限压元件的SPD 的试验程序(见8.4.5.2, 2011年版的7.7.2.2);
- 短路电流特性试验和暂时过电压(TOV) 下的特性中试验电压 U_{cs} 用UREF代替, 删除了薄纸和纱布的覆盖要求(见8.4.5.3), 短路电流特性试验中删除了I 低于声明的短路耐受能力的SPD 的补充试验, 增加了模拟SPD 失效模式的附加试验(见8.4.5.3.2);
- 增加了低压系统故障引起的TOV 下试验中的失零试验方法(见8.4.8.1);
- 增加了螺钉接线端子的扁形快速连接端子(见8.5.2.5)和尾纤连接(飞线)(见8.5.2.6);
- 修改了验证电气间隙和爬电距离的规定值, 增加了材料组的相关内容(见8.5.3, 2011年版的7.9.5);
- 删除了带有软电缆和电线的移动式SPD 及其连接和移动式 SPD 在滚筒中的试验(见2011年版的7.9.1);
- 修改了额定负载电流(IL) (见8.7.1.1, 2011年版的7.8.2)、负载侧短路特性试验(见8.7.1.3, 2011年版的7.8.3);
- 增加了户外型SPD 的环境试验(见8.7.2)、短路型 SPD 的相关试验(见8.7.4)、电压升高率 du/dt 的测量(见8.8.4);
- 增加了规范性附录B、附录D、附录G、附录I 和资料性附录A、附录E、附录F、附录 I、附录J, 修改了规范性附录C, 删除了原规范性附录 C。

本部分使用重新起草法修改采用IEC61643-11:2011《低压电涌保护器 第11部分: 连接低压电源系统的电涌保护器 性能要求和试验方法》。

本部分与IEC61643-11:2011 相比, 在结构上有较多调整, 附录A 中列出了本部分与 IEC 61643-11:2011章条编号变化对照一览表。

本部分与 IEC61643-11:2011 的技术性差异及其原因如下:

- 关于规范性引用文件, 本部分做了具有技术性差异的调整, 以适应我国的技术条件, 调整的情况集中反映在第2章“规范性引用文件”中, 具体调整如下:
 - 用等同采用国际标准的GB/T 4207代替了IEC 60112;
 - 用等同采用国际标准的GB/T4208 代替了IEC60529;
 - 用等同采用国际标准的GB/T 5169.11—2017代替了IEC 60695-2-11:2000;
 - 用修改采用国际标准的GB/T 16927.1—2011代替了 IEC 60060-1:1989;
 - 用修改采用国际标准的GB/T 16935.1—2008代替了 IEC 60664-1:2007;
 - 用修改采用国际标准的GB/T 17627代替了IEC61180-1;
 - 增加引用了 GB 17799.3;
 - 删除 了IEC61000 (所有部分)。
- 增加了术语“复合波发生器的开路电压”, 修改了术语“电压保护水平”“1.2/50冲击电压”“8/20冲击电流”“复合波”“SPD 的脱离器”, 删除了术语“开路电压”, 并将术语中说明性表述转化为注(见第3章)。
- 技术要求中修改了I_{pe}、动作负载的技术要求, 增加了最大放电电流(7.6.1.2)的要求。增加了振动和冲击(7.6.1.3)的技术要求, 同时增加了附录F, 规定与其相应的性能要求和试验方法(见第7章)。
- 为了方便试验进行, 标志的耐久性试验中增加了正己烷的替代方案(见8.3)。
- 短路电路特性试验的试验程序中增加了不需进一步试验的两种情况(见8.4.5.3.2), 合格判据增加了条文的注。
- 根据我国的情况, 删除了表11和表19中的美国线规(AWG) 部分。
- 验证电气间隙和爬电距离试验的合格判据中, 增加表述: 其中表16应用于表15中的1)、2)和

3) (见8.5.3)。

——原附录A 根据我国配电系统情况重新进行了编制。

——根据我国的情况，删除了原附录B 中北美和日本相关部分。

——增加了资料性附录F (振动和冲击试验) 和资料性附录J (基础限制电压试验)。

本部分做了下列编辑性修改：

——为与我国技术标准体系一致，将标准名称改为《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》；

——引言中增加了风力发电和光伏发电系统的相关表述；

——规范了范围一章的编写，增加了条文的注(见第1章)；

——对术语“额定断开续流值”增加了条文的注(见3.1.39)；

——一般试验程序的概述中增加了试验中所用薄纸的注(见8.2.1)；

——热稳定试验中增加关于试品准备的说明的注1，注2中增加了环境温度的说明(8.4.5.2)；

——短路电路特性试验的合格判据中增加了注，对“没有显著电路”进行了说明(见8.4.5.3.2)；

——表15将第一列的脚注a 移到第二列 ≤ 2000 V。

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/TC81) 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)、上海电器科学研究院、西安高压电器研究院有限责任公司、中国合格评定国家认可中心、莱茵检测认证服务(中国)有限公司、莱茵技术(上海)有限公司、上海大学、深圳市铁创科技发展有限公司、施耐德电气(中国)有限公司上海分公司、四川中光防雷科技股份有限公司、魏德米勒电联接(上海)有限公司、北京 ABB 低压电器有限公司、贵阳高新益舸电子有限公司、德凯质量认证(上海)有限公司、天津市中力神盾电子科技有限公司、上海雷迅防雷技术有限公司、厦门大恒科技有限公司、德和盛电气(上海)有限公司、厦门赛尔特电子有限公司、镇江恒业电子有限公司、上海电科臻和智能科技有限公司、常州市创捷防雷电子有限公司、上海优泰欧申机电有限公司。

本部分主要起草人：赵洋、周歧斌、蒋容兴、黄勇、田恩文、陈迪、杨永明、施兵、何亨文、侯正、程文怡、李天密、张小涛、黄立雄、费自豪、洪健、孙巍巍、张锦旸、陈荣斌、许年生、张祥贵、胡洪伟、李正元、张南法、沈云新。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB 18802.1—2002、GB/T 18802.1—2011。

引 言

GB/T18802 的本部分阐述了电涌保护器(SPD) 的安全和性能试验。

有三种类别的试验：

I 类试验用于模拟部分导入雷电流的冲击。符合I类试验方法的 SPD 通常推荐用于高暴露地点，例如：由雷电防护系统保护的建筑物的电缆入口。

II 类或III类试验方法试验的 SPD 承受持续时间较短的冲击。

所有 SPD 在试验时尽可能视作一个“黑盒子”。

风力发电和光伏发电系统中对于 SPD 尚有许多特殊的要求，风力发电系统的 SPD 参考 NB/T 31059,光伏系统直流侧的SPD 参考GB/T 18802.31。

GB/T 18802.12 部分阐述SPD 在实际情况中的选择和使用导则。

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

1 范围

GB/T 18802 的本部分规定了低压电涌保护器的特性、标准试验方法和额定值，这些电器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保护器。这些电器被组装后连接到交流额定电压不超过1000 V(有效值)、50/60 Hz 的电路和设备。

注：用于风力发电系统的 SPD除符合本部分要求外，其特殊的使用环境条件、连续尖峰电压等参照相应标准的要求。

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 4207 固体绝缘材料耐电痕化指数和相比电痕化指数的测定方法(GB/T 4207—2012, IEC 60112:2009,IDT)

GB/T4208 外壳防护等级(IP 代码)(GB/T4208—2017,IEC 60529:2013,IDT)

GB/T 5169.11—2017 电工电子产品着火危险试验 第11部分：灼热丝/热丝基本试验方法 成品的灼热丝可燃性试验方法(GWEPT)(IEC 60695-2-11:2014,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 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)

GB/T 17627 低压电气设备的高电压试验技术 定义、试验和程序要求、试验设备(GB/T 17627—2019,IEC61180:2016,MOD)

GB 17799.3 电磁兼容 通用标准 居住、商业和轻工业环境中的发射

3 术语和定义、缩略语和符号

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。

注1:电涌保护器至少包含一个非线性的元件。

注2:SPD 具有适当的连接装置,是一个装配完整的部件。

3.1.2

一端口的SPD one-port SPD

在端子之间没有特定的串联阻抗的 SPD。

注:一端口可具有分开的输入和输出端。

3.1.3

二端口的SPD two-port SPD

在分开的输入和输出端子之间有特定的串联阻抗的SPD。

3.1.4

电压开关型SPD voltage switching type SPD

没有电涌时具有高阻抗,当对电涌电压响应时能突变成低阻抗的 SPD。

注:电压开关型 SPD常用的元件有放电间隙、气体放电管、闸流管(可控硅整流器)和三端双向可控硅开关元件。这些有时被称为“crowbar型”元器件。

3.1.5

电压限制型SPD voltage limiting type 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:常用的非线性元件是压敏电阻和抑制二极管。这些有时被称为“箱压型”元器件。

3.1.6

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。

注:其特性随所加电压的特性可表现为电压开关型、电压限制型或两者皆有。

3.1.7

短路型 SPD short-circuiting type SPD

根据 II 类试验测试 SPD,当电涌电流超过其标称放电电流 I_n 时,其特性转变成内部短路状态的 SPD。

3.1.8

保护模式 modes of protection

在端子间保护被保护元器件的电流路径。

注:例如相对相、相对地、相对中线、中线对地。

3.1.9

II类试验的标称放电电流 nominal discharge current for class I test

I_n

流过 SPD 具有8/20波形电流的峰值。

3.1.10

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

I_{imp}

流过 SPD 具有指定转移电荷量 Q 和在指定时间内具有指定比能量 W/R 的放电电流峰值。

3.1.11

最大持续工作电压 maximum continuous operating voltage

U_c

可连续地施加在 SPD 保护模式上的最大交流电压有效值。

注:本部分覆盖的 U_e 可超过1000 V。

3.1.12

续流 follow current **I**

SPD 被施加冲击放电电流以后, 由电源系统流入 SPD 的电流峰值。

3.1.13

额定负载电流 rated load current **I_L**

能提供给连接到 SPD 保护输出端的阻性负载的最大持续额定交流电流有效值。

3.1.14

电压保护水平 voltage protection level **U_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: 电压保护水平由制造商提供, 并不可低于按照如下方法确定的测量限制电压:

——对于 II 类和/或 I 类试验, 由波前放电电压(如适用)和对应于 II 类和/或 I 类试验中直到 I_L 和/或 I_m 幅值处的残压确定;

——对于 III 类试验, 由复合波直到 U_{oc} 的测量限制电压确定。

3.1.15

限制电压 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。

3.1.16

残压 residual voltage **U_s**

放电电流流过 SPD 时, 在其端子间产生的电压峰值。

3.1.17

暂时过电压试验值 temporary overvoltage test value **U_T** 为模拟在 TOV 条件下的应力, 施加在 SPD 上并持续一个规定时间 t_T 的试验电压值。

3.1.18

二端口 SPD 的负载端电涌耐受能力 load-side surge withstand capability for a two-port SPD

二端口 SPD 输出端子耐受其下游负载侧产生的电涌的能力。

3.1.19

二端口 SPD 的电压升高率 voltage rate-of-rise of a two-port SPD

在设定的试验条件下, 二端口 SPD 输出端测量得到的电压随时间的变化率。

3.1.20

1.2/50 冲击电压 1.2/50 impulse voltage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1: 波前时间根据 GB/T 16927.1-2011 的定义为 $(t_{so}-t_{so})/0.6$, 其中 t_s 和 t_{so} 指波形上升沿中峰值的 90% 和 30% 的点。

注2: 半峰值时间指视在从原点至下降沿中峰值的 50% 点之间的时间。视在从原点指波形的上升沿中经过峰值的 30% 和 90% 点画的两条直线与 $U=0$ 直线的交点。

3.1.21

8/20冲击电流 8/20 impulse current

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

注1:波前时间根据GB/T 16927.4的定义为 $1.25 \times (t_{sm} - t_0)$ ，其中 t_{so} 和 t_{no} 指波形上升沿中峰值的90%和10%的点。

注2:半峰值时间指视在从原点至下降沿中峰值的50%点之间的时间。视在从原点指波形的上升沿中经过峰值的10%和90%二点画的直线与 $I=0$ 直线的交点。

3.1.22

复合波 combination wave

一种由特定开路电压幅值(U_{oc})和波形以及特定短路电流幅值(I_{cw})和波形来表征的波。

注:实际施加在SPD上的电压幅值,电流幅值和波形取决于复合波发生器(CWG)的虚拟阻抗 Z_v 和试品阻抗。

3.1.23

复合波发生器的开路电压 combination wave generator open-circuit voltage

U_{ox}

在复合波发生器连接试品端口处的开路电压。

3.1.24

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} 。

3.1.25

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。

3.1.26

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。

3.1.27

额定短路电流 short-circuit current rating

I_{scR}

用于评定SPD和所连接的指定脱离器的电源系统的最大预期短路电流额定值。

3.1.28

SPD的脱离器 SPD disconnecter

在SPD失效时,把SPD或SPD的一部分从电源系统断开的装置。

注:这种断开装置不要求具有隔离能力,它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)或者同时具备。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。这些功能可在不同的单位。

3.1.29

外壳防护等级 degree of protection of enclosure

IP

分类前的IP符号表征外壳接近危险部件、防止固体异物和水的进入所提供防护程度。

3.1.30

型式试验 type tests

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]

3.1.31

例行试验 routine tests

为保证产品符合设计规范，按要求对每个 SPD 或其部件和材料进行的试验。

注：改写GB/T 2900.83—2008,定义151-16-17。

3.1.32

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/T2900.83—2008, 定义151-16-23]

3.1.33

去耦网络 decoupling network

在 SPD 通电试验时，用来防止电涌能量反馈到电网的装置。

注：有时称“反向滤波器”。

3.1.34

冲击试验的分类 impulse test classification

3.1.34.1

I 类试验 class I test

按峰值等于冲击放电电流 I_{imp} 值的8/20冲击电流和1.2/50冲击电压进行的试验。

3.1.34.2

II类试验 class II test

按标称放电电流 I_n 和1.2/50冲击电压进行的试验。

3.1.34.3

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。

3.1.35

剩余电流装置 residual current device;RCD

在规定的条件下，当剩余电流或不平衡电流达到给定值时能使触头断开的机械开关电器或组合电器。

3.1.36

电压开关型SPD 的放电电压 sparkover voltage of a voltage switching SPD

电压开关型SPD 的启动电压 trigger voltage of a voltage switching SPD

在 SPD 的间隙电极之间，发生击穿放电前的最大电压值。

3.1.37

I 类试验的比能量 W/R specific energy W/R for class I test

冲击电流 I_{imp} 流过1 Ω 单位电阻时消耗的能量。

注：其等于电流平方对时间的积分($W/R=\int i^2 dt$)。

3.1.38

供电电源的预期短路电流 prospective short-circuit current of a power supply

I_p

在电路中的给定位置，用一个阻抗可忽略的连接短路时可能流过的电流。

注：这个预期的对称的电流用有效值(r.m.s.) 表示。

3.1.39

额定断开续流值 follow current interrupting rating

I_6

SPD 能不依靠脱离器动作而断开的预期短路电流。

注：根据安装标准GB/T16895.22—2004, I_6 不小于 I_{sck} (除电压限制型SPD 外)。

3.1.40

剩余电流(残流) residual current

I_{pE}

SPD 按制造商的说明书连接，施加参考电压(UREF)时，流过PE 接线端子的电流。

3.1.41

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：这些指示器可是本体的可视和/或音响报警，和/或可具有遥控信号装置和/或输出触头能力。

3.1.42

(告警)输出端子 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头。

3.1.43

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。

3.1.44

总放电电流 total discharge current

I_{Total}

在总放电电流试验中，流过多极 SPD 的 PE 或 PEN 导线的电流。

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

注2: I_{Tom} 与根据GB/T 21714 系列标准用作雷电保护等电位连接的I 类试验 SPD 特别有关。

3.1.45

参考试验电压 reference test voltage

UREF

用于 SPD 测试的电压有效值。

注1: 它取决于SPD 的保护模式、系统标称电压、系统结构和系统内的电压波动。

注2: 参考试验电压可基于制造商根据7.1.1 b8)中提供的信息从附录B 中选取。

3.1.46

短路型 SPD 的额定转换电涌电流 transition surge current rating for short-circuiting type SPD

I_{rans}

导致短路型 SPD 进入短路状态的8/20冲击电流。

注：该电流值大于标称放电电流I。

3.1.47

确定电气间隙电压 Voltage for clearance determination

U_{max}

为了确定电气间隙，根据8.4.3得到的施加冲击时的最大测量电压。

3.1.48

最大放电电流 **maximum discharge current**

$I_{\max}$

具有8/20波形和制造商声明幅值的流过SPD 电流的峰值。

注: $I_{\max}$ 大于或等于I。

3.2 缩略语和符号

下列缩略语和符号适用于本文件(见表1)。

表 1 缩写列表

缩写	含义	定义/章条 编号
一般缩写		
ABD	雪崩击穿器件(Avalanche Breakdown Device)	7.2.5.2
CWG	复合波发生器(Combination Wave Generator)	3.1.22
RCD	剩余电流装置(Residual Current Device)	3.1.35
DUT	被试装置(Device Under Test)	通用
IP	外壳防护等级(degree of protection of enclosure)	3.1.29
TOV	暂时过电压(temporary overvoltage)	通用
SPD	电涌保护器(Surge Protective Device)	3.1.1
k	过载特性的触发电流系数(trip current factor for overload behaviour)	表20
Z_0	(复合波发生器的)虚拟阻抗(fictive impedance(of combination wave generator))	8.2.5.1 c)
W/R	I类试验的比能量(specific energy for class I test)	3.1.37
T 1 , T 2 , 和 / 或 T 3	I、II和/或III类试验产品标志(product marking for test classes I, II and/or III)	7.1.1
tT	试验时TOV施加的时间(TOV application time for testing)	3.1.17
电压相关符号		
U_c	最大持续工作电压	3.1.11
UREF	参考试验电压	3.1.45
U_{oc}	复合波发生器的开路电压	3.1.22、 3.1.23
U_p	电压保护水平	3.1.14
U_{rs}	残压	3.1.16
$U_{\max}$	确定电气间隙电压	3.1.47
U_r	暂时过电压试验值	3.1.17
电流相关符号		
I_{imp}	I类试验的冲击放电电流	3.1.10
$I_{\max}$	最大放电电流	3.1.48
I_o	II类试验的标称放电电流	3.1.9

表 1 (续)

缩写	含义	定义/章条 编号
I	续流	3.1.12
I_6	额定断开续流值	3.1.39
I_L	额定负载电流	3.1.13
I_{cw}	复合波发生器的短路电流	3.1.24
I_{scCR}	额定短路电流	3.1.27
I_p	供电电源的预期短路电流	3.1.38
I_{pE}	剩余电流(残流)	3.1.40
I_{Toul}	多极SPD的总放电电流	3.1.44
I_{rans}	短路型SPD的额定转换电涌电流	3.1.46

4 使用条件

4.1 频率

交流频率在47 Hz~63 Hz之间。

4.2 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_c 。

4.3 气压和海拔

气压在80 kPa~106 kPa。对应的海拔为+2000 m~-500 m。

4.4 温度

正常范围：-5℃~+40℃。

注1:这个范围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GB/T 16895.18-2010中的外界影响代码AB4的特点。

扩展范围：-40℃~+70℃。

注2:这个范围对应于在受天气影响的场所使用的户外型SPD。

4.5 湿度

正常范围：5%~95%。

注1:这个范围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GB/T 16895.18-2010中的外界影响代码AB4的特点。

扩展范围：5%~100%。

注2:这个范围对应于在受天气影响的场所使用的户外型SPD。

5 分类

5.1 端口数

SPD 按照端口数可分为:

- 一端口;
- 二端口。

5.2 SPD 的设计类型

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 类、II 类和 III 类试验

I 类、II 类和 III 类试验要求的试验项目见表 2。

表 2 I 类、II 类和 III 类试验

试验	试验参数	试验程序(见章条编号)
I 类	I _{imp}	8.2.2;8.2.3;8.2.4
II 类	I.	8.2.3;8.2.4
III 类	U _{oc}	8.2.5.1;8.2.5.2

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。

5.4.2 户外

SPD 被用于无外壳和建筑物外或防护罩外,如用于低压架空线路。

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,不需要使用工具即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(如安装在架空线上),或者是被置于安装后只能用工具打开的外壳内。

5.6 安装方式

SPD 按照安装方式可分为:

- 固定的;
- 移动的。

5.7 SPD 的脱离器(包括过电流保护)

5.7.1 脱离器的位置

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)。

5.7.2 保护功能

脱离器的保护功能有:

- 热保护;
- 泄漏电流保护;
- 过电流保护。

5.8 按 GB/T 4208 的 IP 代码的外壳防护等级

依据 GB/T 4208 的 IP 代码。

5.9 温度和湿度范围

温度和湿度范围可分为:

- 正常的;
- 扩展的。

5.10 电源系统

电源系统频率可分为:

- 频率在 47 Hz~63 Hz 之间;
- 频率在 47 Hz~63 Hz 之外。

当频率在 47 Hz~63 Hz 之外时,可能要求一个额外的和/或修改的试验程序。

5.11 SPD 的失效模式

SPD 的失效模式可分为:

- 开路(标准型 SPD);
- 短路(短路型 SPD)。

6 SPD 优选值

注: 优选值是指实践中经常使用的值。根据实际情况可选择更低或者更高的值。

6.1 I 类试验的冲击电流 I_{imp} 优选值

峰值 I_{imp} (kA)	1、2、5、10、12.5、20和25;
电荷量 Q (As)	0.5、1、2.5、5、6.25、10和12.5;
比能量 W/R (kJ/Ω)	0.25、1.0、6.25、25、39、100和156。

6.2 II 类试验的标称放电电流 I 。优选值

0.05、0.1、0.25、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、5.0、10、15和20, 单位为千安 (kA)。

6.3 III 类试验的开路电压 U_{oc} 优选值

0.1、0.2、0.5、1、2、3、4、5、6、10和20, 单位为千伏 (kV)。

6.4 电压保护水平 U_p 优选值

0.08、0.09、0.10、0.12、0.15、0.22、0.33、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9、1.0、1.2、1.5、1.8、2.0、2.5、3.0、4.0、5.0、6.0、8.0和10, 单位为千伏 (kV)。

6.5 最大持续工作电压 U_c 的优选值

45、52、63、75、85、95、110、130、150、175、220、230、240、255、260、275、280、320、335、350、385、400、420、440、460、510、530、600、635、690、800、900、1000、1500、1800和2000, 单位为伏 (V)。

7 技术要求

7.1 一般要求

7.1.1 标识

制造商应提供下列信息:

应位于 SPD 的本体上, 或持久地标贴在 SPD 本体上的标识:

a1) 制造商名或商标和型号;

a2) 最大持续工作电压 U_c (每种保护模式有一个电压值);

a3) 电流类型: a. c. 或 “~” 和/或频率;

a4) 制造商声明的每种保护模式的试验类别和放电参数, 并应相互靠近打印这些参数;

1) I 类试验:

“I 类试验” 和 “ I_m ” 及以 kA 为单位的数值, 和/或者 “ $\overline{T1}$ ”(T1 在方框内) 和 “ I_{imp} ” 及以 kA 为单位的数值;

2) II 类试验:

“II 类试验” 和 “ I_n ” 及以 kA 为单位的数值, 和/或者 “ $\overline{T2}$ ”(T2 在方框内) 和 “ I 。” 及以 kA 为单位的数值;

3) III 类试验:

“III 类试验” 和 “ U_{ox} ” 及以 kV 为单位的数值, 和/或者 “ $\overline{T3}$ ”(T3 在方框内) 和 “ U_{oc} ” 及以 kV 为单位的数值。

a5) 电压保护水平 U_p (每种保护模式有一个电压值);

- a6) 外壳防护等级(当IP>20 时);
- a7) 接线端的标志(如果需要);
- a8) 二端口和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, 制造商名称或商标和型号应标在SPD 上, 剩余其他上述的标志应在安装说明书中给出。

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, 应实施所有声明的试验类别的试验要求。如果此时制造商只声明一个电压保护水平, 标志中应出现最高的电压保护水平值。

供货时应提供的信息:

- b1) 使用地点(见5.4);
- b2) 端口数量;
- b3) 安装方法;
- b4) 额定短路电流 $I_{sc cr}$ (豁免条件见7.2.5.3);
- b5) 外部脱离器的额定值和特性(如果有要求时);
- b6) 脱离器动作的指示(如果有);
- b7) 正常使用的位置(如果重要时);
- b8) 安装说明书:
 - 低压系统的类型(TN 系统, TT 系统和 IT 系统);
 - 预期的连接方式(L-N, L-PE, N-PE, L-L);
 - SPD 设计应用于的标称交流系统电压和最大允许的电压波动、机械尺寸和导线长度等。
- b9) 温度和湿度范围(见4.4和4.5);
- b10) 额定断开续流值 I (电压限制型 SPD 除外);
- b11) 剩余电流(残流) I_{pE} ;
- b12) 短路型 SPD 的额定转换电涌电流 I_{rans} ;
- b13) SPD 安装后离任一接地导体表面的最小距离;
- b14) I_{max} (可选)。

在产品参数表上应出现的信息:

- c1) 根据附录C 给出的电源系统类型和相应连接方式和/或根据其所确定的暂时过电压等级UT;
- c2) 多极 SPD 的总放电流 I_{Toul} (如果制造商声明)和相应的试验类别;
- c3) 二端口 SPD 的电压降;
- c4) 二端口 SPD 的负载侧电涌耐受能力(如果制造商声明);
- c5) 可更换部件的信息(指示器、熔断器等, 如果适用);
- c6) 电压上升率 du/dt (如果制造商声明);
- c7) 过载特性的触发电流系数 k (如果不同于表20);
- c8) 保护模式(对于多于一个保护模式的 SPD)。

型式试验时制造商应提供的信息:

- d1) 是否有开关元器件(见附录 D);
- d2) 预处理试验中预期的续流(≤ 500 A 或 >500 A, 见附录D);
- d3) 如果状态指示器未使用认证过的在额定水平内工作的元器件, 制造商应给该类元器件提供合适的试验标准进行试验;
- d4) 分开隔离电路的隔离性和介电强度;

d5) 根据8.4.5.3.2进行预处理试验的预期短路电流。

通过目视检查来检验其是否符合要求。

7.1.2 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 模块不认为是可拆卸的部件。

通过8.3的试验来检验其是否符合要求。

7.2 电气性能要求

7.2.1 防直接接触

当可触及的 SPD 的最大持续工作电压 U_c 高于交流有效值 50 V 时，这些应满足以下要求。

为防直接接触(不可接触的导电部件)，SPD 应设计成按正常使用条件安装后其带电部件是不可被触摸到的。

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，带电部件应不可被触及，即使把不用工具即可拆卸的部件拆卸后也应符合要求。

接地端子和所有与其相连的可接触的部件之间的连接应是低阻抗的。

根据 GB/T4208 和8.4.1的试验来检验其是否符合要求。

7.2.2 剩余电流(残流) I_{pPE}

对所有带有 PE 端子的 SPD，应按制造商的说明书将 SPD 所有端子连接至参考试验电压(U_{REF})的电源时测量 IPE。

通过8.4.2的试验来检验其是否符合要求。

本试验不适用于仅连接至 N-PE 的 SPD。

7.2.3 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8.4.3的试验来检验其是否符合要求。

7.2.4 动作负载试验

在施加最大持续工作电压 U_c 时，SPD 应能承受规定的放电电流而没有使其特性发生不可接受的变化。此外，电压开关型 SPD 或组合型 SPD 至少应能切断等于额定短路电流 I_{sc} 的续流。

通过8.4.4的试验检验其是否符合要求。

7.2.5 脱离器和状态指示器

7.2.5.1 脱离器

SPD 应带脱离器(可以是内部或者外部的，或两者都有)，除了在 TT 和/或 TN 系统中的只连接 N-PE 的 SPD。它们的动作应通过对应的状态指示器进行指示。

表3给出了外部脱离器在不同的型式试验过程中和试验后的特性要求。

表3给出了在型式试验的不同条款中包含外部脱离器的信息。表4的合格判据 F、G、H 和 J 中给出型式试验过程中和试验后对脱离器特性的不同要求，并通过8.4.5的试验来检查。

7.2.5.2 热保护

SPD 应防护由于劣化或过载造成的过热。

该试验不适用于仅包含电压开关元件和/或 ABD 装置的 SPD。

通过8.4.5.2的试验检验其是否符合要求。

7.2.5.3 短路电流特性

SPD 应在失效时不造成危险或能承受在 SPD 失效过程中可能出现的电源的预期短路电流。

通过8.4.5.3的试验检验其是否符合要求。

这些试验不适用于分类为户外使用且安装在不可触及位置的SPD,也不适用于在TN 和/或TT 系统中仅用于连接 N-PE 的 SPD。

7.2.5.4 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采取措施的信息。

状态指示器可由两部分组成(其中一部分在更换 SPD 时不被更换),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、音频的和电磁的等。在更换 SPD 时被更换的这一部分,应如上所述试验,在更换SPD 时不更换的另一部分至少应能增加50次操作。

注: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该标准,除了指示器仅需要50次操作试验外。

7.2.6 绝缘电阻

针对泄漏电流和防直接接触要求,SPD 应有足够的绝缘电阻。

通过8.4.6的试验检验其是否符合要求。

7.2.7 介电强度

针对绝缘击穿和防直接接触要求,SPD 应有足够的介电强度。

通过8.4.7的试验检验其是否符合要求。

7.2.8 暂时过电压下的特性

7.2.8.1 概述

SPD 应能通过8.4.8.1和8.4.8.2的TOV 试验,并应满足8.4.8.1,8.4.8.2和附录C 中相关表格的合格判据。

注1:8.4.8.1和8.4.8.2的试验不考虑电涌和 TOV 故障同时发生的可能性。

SPD 应能承受由于高压系统的故障或干扰产生的过电压,或者以不产生危害的方式失效。

制造商在安装说明书中声明的可安装在 TT 系统中主 RCD 上游的 N-PE 之间的 SPD,应通过8.4.8.2中TOV 耐受模式的合格判据。

注2:这涵盖了GB/T 16895.22—2004中534.2.3.3中描述的应用情况。

7.2.8.2 低压系统故障或干扰引起的 TOV

对于 U_e 高于或等于 U_T 的 SPD,不必进行本试验。

应通过8.4.8.1的试验检验其是否符合要求。

7.2.8.3 高(中)压系统故障引起的 TOV

对于 U_c 高于或等于 U_T 的 SPD, 不必进行本试验。

通过8.4.8.2的试验检验其是否符合要求。

7.3 机械性能要求

7.3.1 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/互锁来防止插入式 SPD 模块和底座的不正确的组合。

通过目视检查来验证其符合性。

7.3.2 螺钉、载流部件和连接

通过检查和试装以及8.5.1的试验来检验其是否符合要求。

7.3.3 外部连接

7.3.3.1 概述

外部连接应有可能使用以下方式之一:

- 螺钉接线端子和螺栓连接;
- 无螺钉接线端子;
- 绝缘穿刺连接;
- 扁形快速连接端子;
- 飞线;
- 其他等效的方法;
- 标准插头和/或插座。

以下要求不适用于标准插头和/或插座:

端子应被设计成可连接8.5.2中规定的最大和最小截面积的电缆。

接线端子应固定在SPD 上, 即使紧固螺钉或锁紧螺母拧紧或拧松时, 也不应使其松动。应使用工具拧松紧固螺钉或锁紧螺母。

- a) 连接外部导体的接线端子应保证其连接的导体可永久保持必要的接触压力。在预期的使用条件下, 应能方便地接近接线端子。
- b) 接线端子中用于紧固导体的部件不应用作固定其他任何元件, 尽管它们可用来固定接线端子或阻止其转动。
- c) 接线端子应具有足够的机械强度。
- d) 接线端子应设计成使得其紧固导体时不会过度损坏导体。
- e) 接线端子的设计应使其能可靠地把导体夹紧在金属表面之间。
- f) 接线端子的设计或布局应使其在拧紧紧固螺钉或螺母时实心硬导线和绞合导线的线丝都不能滑出接线端子。

7.3.3.2 螺钉接线端子

螺钉接线端子的要求如下:

a) 用于紧固导体的螺钉和螺母应具有公制 ISO 的螺纹或节距和机械强度均类似的螺纹。

注: SI、BA 和 UN 螺纹可被使用, 因为它们在螺距和机械强度方面与公制的 ISO 螺纹实际上是等效的。

b) 接线端子应这样固定或定位, 当紧固螺钉或螺母拧紧或拧松时, 接线端子不应从 SPD 的固定位置上松脱。

这些要求并不意味着接线端子的设计应使其防止旋转或移位, 但任何移动都应受到足够的限制, 以防止不符合本部分的要求。

符合下列要求时, 使用密封化合物或树脂就认为足以防止接线端子松动:

——密封化合物或树脂在正常使用时不遭受压力;

——在本部分规定的最不利的条件下, 密封化合物或树脂的有效性不受接线端子的温度的影响而损害。

c) 用于连接保护导体的接线端子的紧固螺钉或螺母应具有足够的可靠性以防止意外的松动。

d) 螺钉不应使用软金属或容易蠕变的金属制造, 如锌或铝。

通过直观检查和 8.5.2.1 的试验来检验其是否符合要求。

7.3.3.3 无螺钉接线端子

接线端子应设计成如下结构:

a) 每个导体被单独地紧固。当连接或断开导体时能同时或者分别地连接或断开。

b) 能牢固地紧固不超过最大允许数量的任何数量的导体。

通过直观检查和 8.5.2.4 的试验来检验其是否符合要求。

7.3.3.4 绝缘穿刺

通过直观检查和 8.5.2.4 的试验来检验其是否符合要求。

7.3.3.5 扁形快速连接端子

通过直观检查和 8.5.2.5 的试验(正在考虑中)来检验其是否符合要求。

7.3.3.6 飞线(尾纤连接)

通过直观检查和 8.5.2.5 的试验来检验其是否符合要求。

7.3.3.7 标准插头和/或插座

插头和插座应符合相关标准的要求(例如 IEC 60884-1、IEC 60320 系列)。

7.3.4 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 8.5.3 的试验检验其是否符合要求。

7.3.5 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。

通过 8.5.4 的试验来检验其是否符合要求。

7.4 环境和材料要求

7.4.1 概述

SPD 应在第4章中指定的使用条件下可靠地运行。

7.4.2 外壳防护(IP 代码)

SPD 应具备符合制造商声明的 IP 代码的外壳,用以防止固体和水的进入。
通过直观检查和8.6.1的试验检验其是否符合要求。

7.4.3 耐热

SPD 应有足够的耐热性。
通过8.4.5.1、8.6.2和8.6.3的试验检验其是否符合要求。

7.4.4 耐燃

外壳的绝缘材料应阻燃或自熄。
通过8.6.4的试验检验其是否符合要求。

7.4.5 耐电痕化

通过8.6.5的试验检验用来表征可在不同电气连接之间产生导电路径的绝缘材料的电痕化指数。
如果爬电距离大于或等于8.5.3规定值的2倍,或者绝缘材料是由陶瓷、云母或类似材料制成,则不需进行试验。

7.4.6 电磁兼容

7.4.6.1 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,因此不必进行抗扰性试验。对于包含敏感电子电路的 SPD,参考GB/T 17799.1。

7.4.6.2 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,不必进行验证。

包含在9 kHz 或更高频率下动作的开关功能电子电路的 SPD,按照GB 17799.3的规定。

7.5 特殊 SPD 设计的附加要求

7.5.1 二端口和输入/输出端子分开的一端口的 SPD

7.5.1.1 额定负载电流I

制造商应声明额定负载电流。
通过8.7.1.1的试验检验其是否符合要求。

7.5.1.2 过载特性

SPD 不应被在正常使用中可能出现的过载损坏或造成性能改变。

按8.7.1.2检查是否符合本要求。

7.5.1.3 负载侧额定短路电流

SPD 应能承受由在负载侧的电源短路产生的电流，直到它被 SPD 自身切断，或被内部或外部脱离器切断。

通过8.7.1.3的试验检验其是否符合要求。

7.5.2 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。

试验程序参考8.7.2和附录E。

7.5.3 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的隔离和介电强度电压的信息，以及和制造商声明符合的相关标准。

如果有超过两个电路，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隔离和介电强度应通过8.4.6和8.4.7进行试验。

7.5.4 短路型 SPD

对于此类 SPD, 在根据其额定转换电涌电流 I_{mas} 的电涌电流过载作用之后，SPD 应能耐受短路电流试验，试验电流为制造商声称的额定短路电流。

通过8.7.4的试验检验其是否符合要求。

7.6 制造商可声明的附加要求

7.6.1 一端口和二端口 SPD

7.6.1.1 总放电电流 I_{Toua} (对多极SPD)

仅当制造商声明总放电电流时才进行该试验。通过8.8.1的试验检验其是否符合要求。

7.6.1.2 最大放电电流 I_{max}

如果制造商声明 I_{max} 这个参数，应根据8.4.3.2进行试验。

7.6.1.3 振动和冲击

运输和特殊应用的有关振动和冲击试验的信息参见附录F。

7.6.2 仅对二端口 SPD

7.6.2.1 电压降

应按照8.8.2的试验检查电压降。

7.6.2.2 负载侧电涌耐受能力

当制造商声明负载侧电涌耐受能力时，应按8.8.3进行试验。

7.6.2.3 电压上升率 du/dt

当制造商声明包含滤波器件的二端口 SPD 的 du/dt 值时，应按8.8.4进行试验。

8 型式试验

8.1 总则

型式试验按表3进行，每个试验系列用三个试品。在任何试验系列中，试验应按表3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试验(一只具有至少三个相同端子的 SPD 可满足对端子样品的要求)。

如果对某试验系列中所有相关试验条款和合格判据的要求都满足，则这个试品通过表3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。在试验系列中有两个或多个试品没有通过试验，则 SPD 不符合本部分要求。

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，三个一组试品可用于多于一个试验系列。

注：对于某些试验，要特殊准备的试品。

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，则该标准的要求应适用于产品中不属于SPD 的那些部分。该 SPD 应符合本文的一般要求(7.1)，电气性能要求(7.2)，环境和材料要求(7.4)，其他标准的机械方面的要求也应适用于该SPD。

型式试验的通用合格判据按表4进行，合格判据和型式试验的交叉参照按表5进行。

8.2 一般试验程序

8.2.1 概述

如果没有其他规定，高电压试验程序按照GB/T 17627。

除非另有规定，本部分给出的交流值是有效值(r.m.s.)。

SPD 应按照制造商的安装程序安装和进行电气连接。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 $20^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$ 。

如果没有其他规定，对所有试验中要求的电源电压 U_{REF} 或 U_c ，其试验电压允差应为%。

当试验制造商把电缆作为整体供货的SPD 时，完整长度的电缆应作为被试 SPD 的一部分。

如果没有其他规定，试验期间不允许对 SPD 进行维护或拆卸。应按照制造商的说明书选择外部脱离器并按照表3连接至有要求的试验。

应在制造商声明的每一个保护模式上进行所有的试验，但是如果有一些保护模式具有相同的电路，可在最严苛不利的保护模式上进行具体试验，每次试验使用新的试品。

对多模式电器(如三相SPD) 内部保护元件电路相同，在每个模式(如三相)上进行试验可满足三个试品的要求。

对于设计有N 端子的 SPD，根据制造商的说明书可在失零系统中应用的，要求另外在不连接 N 端

子下进行针对 L-PE 保护模式的试验。

根据表3需使用薄纸的情况如下：

——对于固定式 SPD: 薄纸应固定在除安装面之外，距离试品各个方向100 mm±20 mm;

——对于移动式 SPD: 薄纸应松散地包裹在SPD 的所有面，包括底面。

注：薄纸：薄、软和有一定强度的纸，一般用于包裹易碎的物品，其克重在12 g/m²~25g/m² 之间。

如根据表3要求，应在SPD 所有侧面附近安装金属屏栅，它们之间最小距离根据7.1.1 b13) 中规定。具体细节，包括金属屏栅到SPD 的距离应记录在测试报告中。金属屏栅应具备以下特性：

—— 结构：

- 编织金属丝网；
- 穿孔金属或金属板网。

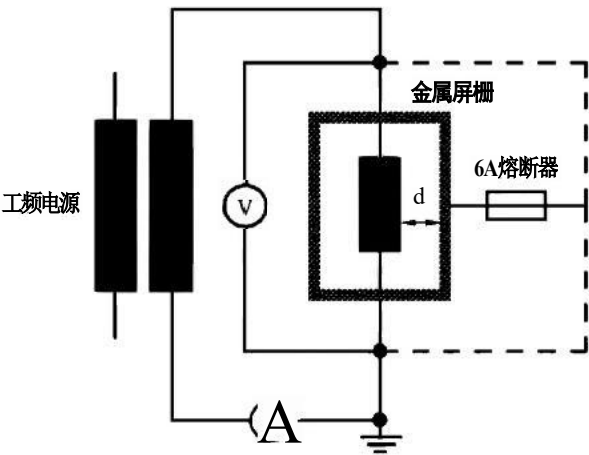
——孔面积/总面积的比例：0.45~0.65。

——孔尺寸不超过30 mm²。

——表面处理：裸露或导电电镀。

——电阻：金属屏栅最远点到金属屏栅连接点的电阻应足够小，不会限制屏栅电路的短路电流。

金属屏栅应通过一个6 AgL/gG 熔断器连接到SPD 的一个被测试端子上(图1)。每次短路试验后，屏栅的连接应更换到 SPD 的另一个端子。



说明：

d—— 屏栅到 SPD 的距离。

图 1 金属屏栅的试验布置

如果制造商对SPD 的外部脱离器按供电电源的预期短路电流规定了不同的要求，则应对每个要求的 SPD 脱离器和相应预期短路电流的组合进行所有相关的试验程序。

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，例如本地的和遥信的指示，每一种指示都应检测。

应注意，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 3 适用于 SPD 的型式试验要求

试验系列	试验项目	章条编号要求/ 测试方法	连接外部 脱离器	使用 薄纸	使用金 属屏栅	试验 类别 I	试验 类别 II	试验 类别 III
1	标识和标志	7.1.1/7.1.2/8.3	-	-	-	A	A	A
	安装	7.3.1	-	-	-	A	A	A
	接线端子和连接	7.3.2/7.3.3/8.5.2	-	-	-	A	A	A
	防直接接触试验	7.2.1/8.4.1	-	-	-	A	A	A
	环境, IP代码	7.4.2/8.6.1	-	-	-	A	A	A
	剩余电流(残流)	7.2.2/8.4.2	-	-	-	A	A	A
	动作负载试验	7.2.4/8.4.4bd						
	I类、II类或III类动作 负载试验	8.4.4.3/8.4.4.4/8.4.4.5	A	-	-	A	A	A
	I类试验的附加动作 负载试验	8.4.4.5	A	-	-	A	—	—
	热稳定性试验	7.2.5.2/8.4.5.2	A	-	-	A	A	A
	电气间隙和爬电距离	7.3.4/8.5.3	-	-	-	A	A	A
	球压试验	7.4.3/8.6.3	-	-	-	A	A	A
	耐非正常热和火	7.4.4/8.6.4	-	-	-	A	A	A
	耐电痕化	7.4.5/8.6.5	-	-	-	A	A	A
2	电压保护水平	7.2.3/8.4.3						
	残压	8.4.3.2	-	-	-	A	A	—
	波前放电电压	8.4.3.3	-	-	-	A	A	—
	用复合波测限制电压	8.4.3.4	-	-	-	—	—	A
2a	见下一仅适用时							
2b	见下一仅适用时							
3	绝缘电阻	7.2.6/8.4.6	-	-	-	A	A	A
	介电强度	7.2.7/8.4.7	-	-	-	A	A	A
3a	见下—仅适用时							
	机械强度	7.3.5/8.5.4	-	-	-	A	A	A
	耐温试验	7.2.5/8.4.5.1	-	-	-	A	A	A
3b	见下一仅适用时							
3c	见下一仅适用时							
4°	耐热试验	7.4.2/8.6.2	-	-	-	A	A	A
	T O V 试 验	7.2.8/8.4.8						
	低压系统故障或 干扰引起的TOV	7.2.8.2/8.4.8.1	A	A	-	A	A	A
	高(中)压故障 引起的 T O V	7.2.8.3/8.4.8.2	A	A	-	A	A	A

表 3(续)

试验系列	试验项目	章条编号要求/测试方法	连接外部脱离器	使用薄纸	使用金属屏栅	试验类别I	试验类别II	试验类别III
5°	短路电流特性	7.2.5.3/8.4.5.3	A	-	A	A	A	A
对于特殊SPD设计的附加试验								
二端口和输入/输出端子分开的一端口SPD的附加试验								
3c	额定负载电流	7.5.1.1/8.7.1.1	A	-	—	A	A	A
	过载特性	7.5.1.2/8.7.1.2	—	-	—	A	A	A
2b	负载侧短路电流特性	7.5.1.3/8.7.1.3h	A	-	A	A	A	A
制造商声明的附加试验								
3b	电压降	7.6.2.1/8.8.2	—	-	—	A	A	A
2a	负载侧电涌耐受	7.6.2.2/8.8.36	A	-	—	A	A	A
6	多极SPD的总放电电流试验	7.6.1.1/8.8.16	—	-	—	A	A	—
户外型SPD的环境试验								
7	定义成“户外型”的SPD	7.5.2/8.7.2	—	0	—	A	A	—
分开独立电路SPD的附加试验								
3a	分开电路的隔离性	7.5.3/8.4.6/8.4.7	—	-	—	A	A	A
短路型SPD的附加试验								
8	特性转换过程(短路状态下的预处理试验)	7.5.4/8.7.4	—		—	—	A	—
	电涌耐受试验(在短路状态下)	7.5.4/8.7.4	—	-	—	—	A	—
	短路电流特性试验(在短路状态下)	7.5.4/8.7.4	A	-	A		A	
A = 适用； — = 不适用； 0 = 可选的。								
” 连接外部脱离器是指在型式试验过程中，制造商声明的所有特定的脱离器应和SPD一起测试，除了RCD在8.4.4的动作负载试验中不进行测试。 对于这些试验，可能用到表4的合格判据E进行初始泄漏电流测量。 c对于本试验系列，可能会用到多于一组的试品。 d对于整个动作负载试验(包括附加负载试验，如果适用时)，可用到一组独立的试品。								

如果产品已经根据GB/T18802.1—2011 测试合格，可采用附录G 的简化试验程序。

表 4 型式试验的通用合格判据

判据	合格判据内容
A	应达到热稳定。在施加 U_c 电压的最后15min, 如果电流 I_c 的阻性分量峰值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。如果试验本身是加电 U_c 进行的, 则不间断地继续保持加电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应没有击穿或闪络的迹象
C	试验过程中应没有发生可见的损坏。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	试验后所测量的限制电压应小于或等于 U_p 。应使用8.4.3的试验来确定限制电压。但8.4.3.2的试验, 对I类试验仅采用峰值为 I_{imp} 的8/20冲击电流, 对II类试验仅采用峰值为 I 的8/20冲击电流, 对III类试验, 则根据8.4.3.4仅在下进行试验
E	试验后, 不应有过高的泄漏电流。 SPD应根据制造商的说明书按正常使用连接到参考试验电压U_{REF}的电源, 测量流过每个端子的电流, 电流的阻性分量不应超过1 mA, 或者电流增加不应超过在相关试验初始时测量结果的20%。 任何可重置或装配的脱离器应手动分断(如适用时), 之后应在其两端施加2倍U_c或1000 V交流电压(取两者间较高值)来检查绝缘强度。试验过程中, 不应发生闪络和绝缘击穿, 包括内部的(击穿)或外部的(电痕化)或其他破坏性放电的迹象。 此外, 对于仅连接至N-PE的SPD模式, 应测量流过PE端子的电流, 此时将SPD的端子连接到最大持续工作电压U_e的电源, 电流的阻性分量不应超过1 mA, 或者电流增加不应超过在相关试验初始时测量结果的20%。 正常使用中如果有超过一种的接线方式, 应检查每一种可能的接线方式
F	试验时, 制造商规定的外部脱离器不应动作; 试验后, 该脱离器应处在正常工作状态。 本条中, 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(在可能的地方), 或在制造商和实验室协议下通过简单的电气试验来检查
G	试验时, 制造商规定的内部脱离器不应动作; 试验后, 该脱离器应处在正常工作状态。 本条中, 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(在可能的地方), 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	脱离应通过一个或多个内部和/或外部脱离器来实现, 应检查它们是否给出正确的状态指示
I	对防护等级大于或等于IP20的SPD, 应使用标准试指施加一个5N的力(见GB/T 4208)不应触及带电部件, 除了SPD按正常使用安装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额定频率的最大持续工作电压U_c保持1 min, 试验电源的短路电流容量应大于等于200 mA, 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(如指示电路)的电流可忽略, 只要它们不造成电流流过相关保护元件。 此外, 如果有, 流过PE端子的电流, 包括并联电路和其他电路(如指示电路), 不应超过1mA。 正常使用中如果有超过一种的接线方式, 应检查每一种可能的接线方式
K	如果电源流出短路电流, 应在5s内通过一个或多个内部和/或外部脱离器被切断

表 4(续)

判据	合格判据内容
L	薄纸不应燃烧
M	不应有对人员或设备产生的爆炸或其他危险
N	不应有对金属屏栅的闪络, 试验过程中连接屏栅的6A gL/gG熔断器也不应动作
O	试验结束后, 试品应冷却至室温后, 连接到电压为Uc的电源2 h。 加电过程中应监测剩余电流(残流), 其增加值不应超过试验开始时测量值的10%

表 5 合格判据和型式试验的交叉参照

章条编号	合格判据														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
8.4.3.5		A	A						A				A		
8.4.4.7	A	A	A	A	A	A	A						A		
8.4.5.1			A				A								
8.4.5.2			A					A	A	A			A		A
8.4.5.3.1.3 a)			A					A	A	A	A		A	A	
8.4.5.3.1.3 b)			A					C	A	C	C		A	A	
8.4.5.3.2			A					C	A	C			A	A	
8.4.8.1.3 a)			A					A	A	A	A	A	A		
8.4.8.1.3 b)	A	A	A	A	A	A	A		A			A	A		
8.4.8.2.3 a)			A					A	A	A	A	A	A		
8.4.8.2.3 b)	A	A	A	A	A		A		A		A	A	A		
8.6.2			A						A						
8.7.1.1			A			A	A								
8.7.1.2 a)			A					A	A	A			A		
8.7.1.2 b)			A	A	A				A						
8.7.1.3 a)			A		A			A	A	A	A		A	A	
8.7.1.3 b)			A	A	A			A	A	A	A		A	A	
8.7.4.3			A						A				A		
8.7.4.4			A					A	A	A	A		A	A	
8.8.1		A	A	A	A		A		A				A		

表 5(续)

章条编号	合格判据														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
8.8.3	A	A	A	A	A	A	A								
A:适用; C:有条件适用。															

8.2.2 用于I 类附加动作负载试验的冲击放电电流

流过被试装置(SPD) 的冲击放电电流通过由其峰值 I_{imp} 、电荷量 Q 和比能量 W/R 参数来确定。冲击电流不应表现出极性反向, 峰值 I_m 应在 $50\ \mu s$ 内达到, 电荷量 Q 转移应在 $5\ ms$ 内发生, 比能量 W/R 应在 $5\ ms$ 内释放。

冲击持续时间不应超过 $5\ ms$ 。

表6给出了一定的 $I_{imp}(kA)$ 值相对应的 $Q(As)$ 值和 $W/R(kJ/\Omega^2)$ 值。

$I_{imp}(kA)$ 、 $Q(As)$ 和 $W/R(kJ/\Omega)$ 的关系如下:

$Q=I_{imp}\times a$, 其中: $a=5\times10^{-4}s$;

$W/R=I_{imp}^2\times b$, 其中 $b=2.5\times10^{-4}s$ 。

表 6 I 类试验参数

I_{imp} 在 $50\ \mu s$ 内 kA	Q 在 $5\ ms$ 内 As	W/R 在 $5\ ms$ 内 kJ/ Ω
25	12.5	156
20	10	100
12.5	6.25	39
10	5	25
5	2.5	6.25
2	1	1
1	0.5	0.25
注: 冲击试验符合上述参数的可能方法之一是GB/T 21714.1中规定的10/350波形。		

电流峰值 I_{imp} 、电荷量 Q 和比能量 W/R 的允差应是:

—— I_{imp} $-10\%/+10\%$

—— Q $-10\%/+20\%$

—— W/R $-10\%/+45\%$

8.2.3 用于 I 类和 II 类残压与动作负载试验的冲击电流

标准电流波形是8/20。流过被试装置电流波形的允许误差如下:

——峰值	$\pm 10\%$
——波前时间	$\pm 10\%$
——半峰值时间	$\pm 10\%$

允许冲击波上有小过冲或振荡,但其幅值应不大于峰值的5%。在电流下降到零后的任何极性反向的电流值不应大于峰值的30%。

对于二端口电器,反向电流的幅值应小于5%,使它不至于影响限制电压。

8.2.4 用于I类和II类放电试验的冲击电压

标准电压波形是1.2/50。在被试装置(DUT)连接处的开路电压波形的允许误差如下:

——峰值	$\pm 5\%$
——波前时间	$\pm 30\%$
——半峰值时间	$\pm 20\%$

在冲击电压的峰值处可发生振荡或过冲。如果振荡的频率大于500 kHz 或过冲的持续时间小于1 μs ,应画出平均曲线,从测量的要求来讲,平均曲线的最大幅值确定了试验电压的峰值。

在冲击电压峰值的0%到80%的上升部分上的振幅不允许超过峰值的3%。

测量设备整个带宽至少应为25 MHz,并且过冲应小于3%。

试验发生器的短路电流应小于20%的标称放电电流 I_n 。

8.2.5 用于III类试验的复合波

8.2.5.1 一般情况

复合波发生器的标准冲击波的特征用开路条件下的输出电压和短路条件下的输出电流来表示。开路电压的波前时间应为1.2 μs ,半峰值时间应为50 μs 。短路电流的波前时间应为8 μs ,半峰值时间应为20 μs 。试验要如下:

注1:为进一步了解本条,可见IEEEC62.45。

a) 在被试装置(DUT)连接处的开路电压 U_{oc} 的允许误差如下:

——峰值	$\pm 5\%$
——波前时间	$\pm 30\%$
——半峰值时间	$\pm 20\%$

这些允差只针对发生器本身,不连接任何SPD 或者电源线路。

在冲击电压的峰值处可发生振荡或过冲。如果振荡的频率大于500 kHz 或过冲的持续时间小于1 μs ,应画出平均曲线,从测量的要求来讲,平均曲线的最大幅值确定了试验电压的峰值。

在冲击电压峰值的0%到80%的上升部分上的振幅不允许超过峰值的3%。

测量设备整个带宽至少应为25 MHz,并且过冲应小于3%。

b) 在被试装置(DUT)连接处的短路电流 I_s 的允许误差如下:

——峰值	$\pm 10\%$
——波前时间	$\pm 10\%$
——半峰值时间	$\pm 10\%$

无论连接或者不连接电源线路,发生器的这些允差都应满足。是否连接电源线路取决于试验是否需要加电。

允许冲击波上有小过冲或振荡,但其幅值应不大于峰值的5%。在电流下降到零后的任何极性反向的电流值不应大于峰值的30%。

c) 试验设置

发生器的虚拟阻抗 Z_1 的标称值应为 $2\ \Omega$ ，虚拟阻抗定义为开路电压 U_{oc} 的峰值和短路电流 I_{sc} 的峰值之比。

以上的波形和允差要求只用于在制造商声明的 U_{oc} 上的试验，这可能要求发生器进行一些调整。对于8.4.3.4 b) 中小于 U_{oc} 的试验，应使用相同的设置，而不必对发生器进行调整。

发生器的耦合元件应优先选用额定值尽可能接近被试装置最大持续工作电压 U_c 的压敏电阻元件，从而确保不同测试实验室间结果的可比性。

注2: 由于发生器耦合元件的非线性会影响不同 U_{oc} 的设置下的发生器阻抗，上述要求可避免过多的试验设置工作。

开路电压 U_{oc} 的峰值和短路电流 I_{sc} 的峰值的最大值分别为 20 kV 和 10 kA 。如大于这些值 ($20\text{ kV}/10\text{ kA}$), 应进行 II 类试验。

加电试验中是否使用去耦网络取决于SPD 的内部设计:

- 如果SPD 不包含电抗元件，不需要使用去耦网络；
 - 如 果SPD 包括电抗元件，但不包含任何电压开关元件，应优选不使用去耦网络，或可根据8.2.5.2使用替代试验程序来进行8.4.3中的限制电压试验；
 - 如果SPD 包括电抗元件和电压开关元件，应不使用去耦网络。
- 耦合元件和去耦网络只在加电试验中需要用到。

去耦网络的示例见图2和图3。

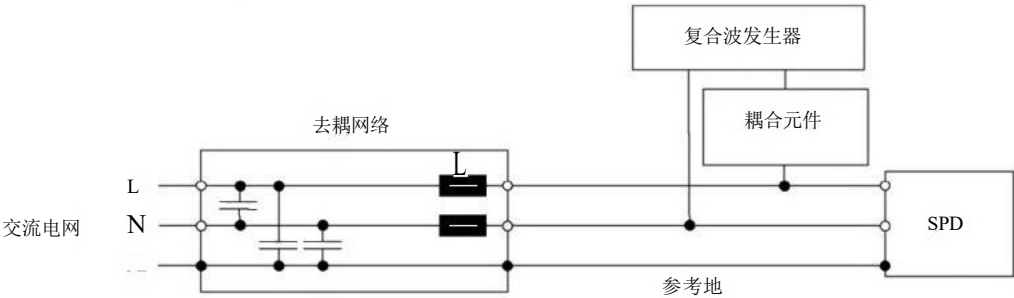


图 2 用于单相电源去耦网络的示例

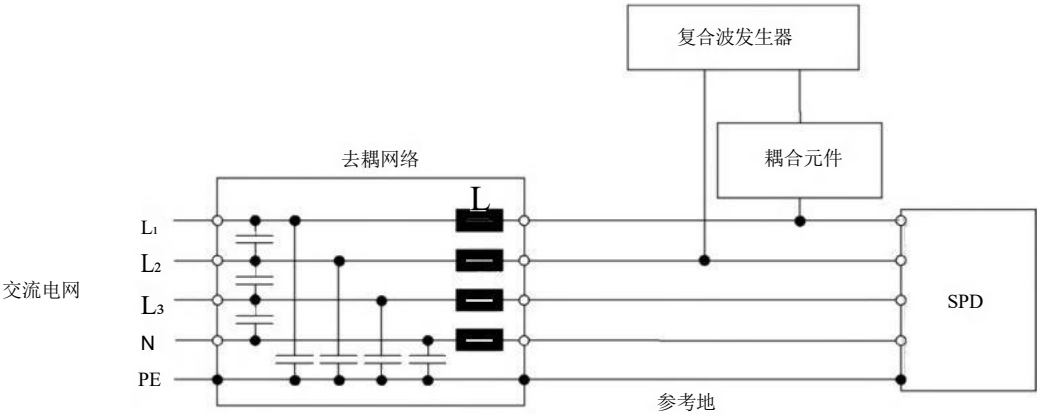


图 3 用于三相电源去耦网络的示例

8.2.5.2 不用去耦网络进行限制电压试验 (8.4.3) 的替代试验电路

带有电抗元件的二端口 SPD 会与反向滤波器的电抗元件产生相互作用, 这可能产生限制电压偏低的假象。在这种情况下下的试验应采用图4所示的替代试验方法。试验要求如下:

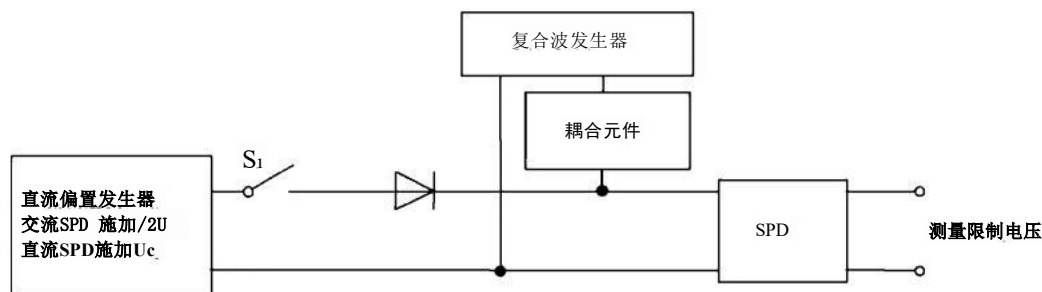


图 4 测量限制电压的替代试验

- 对于交流 SPD, 应通过一个二极管对其施加 $\sqrt{2}U_c$ 的直流电压。按图4应通过一个压敏电阻施加冲击。
- 应在 S_1 闭合至少 100 ms+10% 后, 才能施加冲击。施加冲击后, 应在 10 ms 内切断直流电压。
- 把 SPD 与发生器的连接反向, 进行相反极性的试验。

8.3 标志的耐久性试验

除了用压印、模压和雕刻方法制造外, 应对所有形式的标志进行本试验。

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℃, 相对密度为 0.68 g/m³) 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”是直链烷烃($CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$) 的化学系统命名。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。

8.4 电气试验

8.4.1 防直接接触试验

8.4.1.1 绝缘部件

试品按正常使用条件安装, 连接 8.5.2 规定的最小截面积的导体进行试验, 然后用 8.5.2 规定的最大截面积的导体重复试验。

标准试指(按 GB/T 4208) 放在每个可能接触到的位置。

对于插入式 SPD(不使用工具就可更换), 当插头部分地插入或全部插入插座时, 试指放在每个可能接触到的位置。

使用一个电压不低于 40 V 和不高于 50 V 的电气指示器来显示与有关部件接触。指示器的一侧连接在试品的所有连在一起的带电端子, 另一侧连接到试验试指来检查是否触摸到带电部件。

8.4.1.2 金属部件

当 SPD 按正常使用条件接线和安装后, 可触及的金属零件应通过一个低阻抗的连接件与地相连,

除了用于固定基座和盖或插座盖板并与带电部件绝缘的小螺钉和类似零件。

依次在接地端子和每个可触及的金属部件之间通以1.5倍额定负载电流或25 A, 两者选较大值(交流电源的空载电压不超过12 V)。

测量接地端子和可触及的金属部件之间的电压降, 并根据电流和电压降计算电阻。电阻不应超过0.05Ω。

注: 宜注意试验时, 在测量电极的顶部与金属零件之间的接触电阻不会影响试验结果。

8.4.2 剩余电流(残流) I_{pe}

SPD 所有保护模式应按制造商的说明书正常使用连接。

供电系统线到地的电压应调整至参考试验电压 U_{REF} 。

测量流过 PE 端子的剩余电流。

注1:如果制造商允许SPD安装有几种接线方式, 本试验宜对每种接线方式进行试验。

注2:宜测量电流真有效值。

注3:如果SPD包括一个专门的只连接到PEN导线上的端子, 该端子不认为是PE端子。

合格判据如下:

测得的剩余电流(残流)不应超过制造商根据7.1.1 b1) 声明的值。

8.4.3 测量限制电压

8.4.3.1 概述

应按流程图5和表7, 对不同类型的SPD 进行试验, 确定其限制电压。

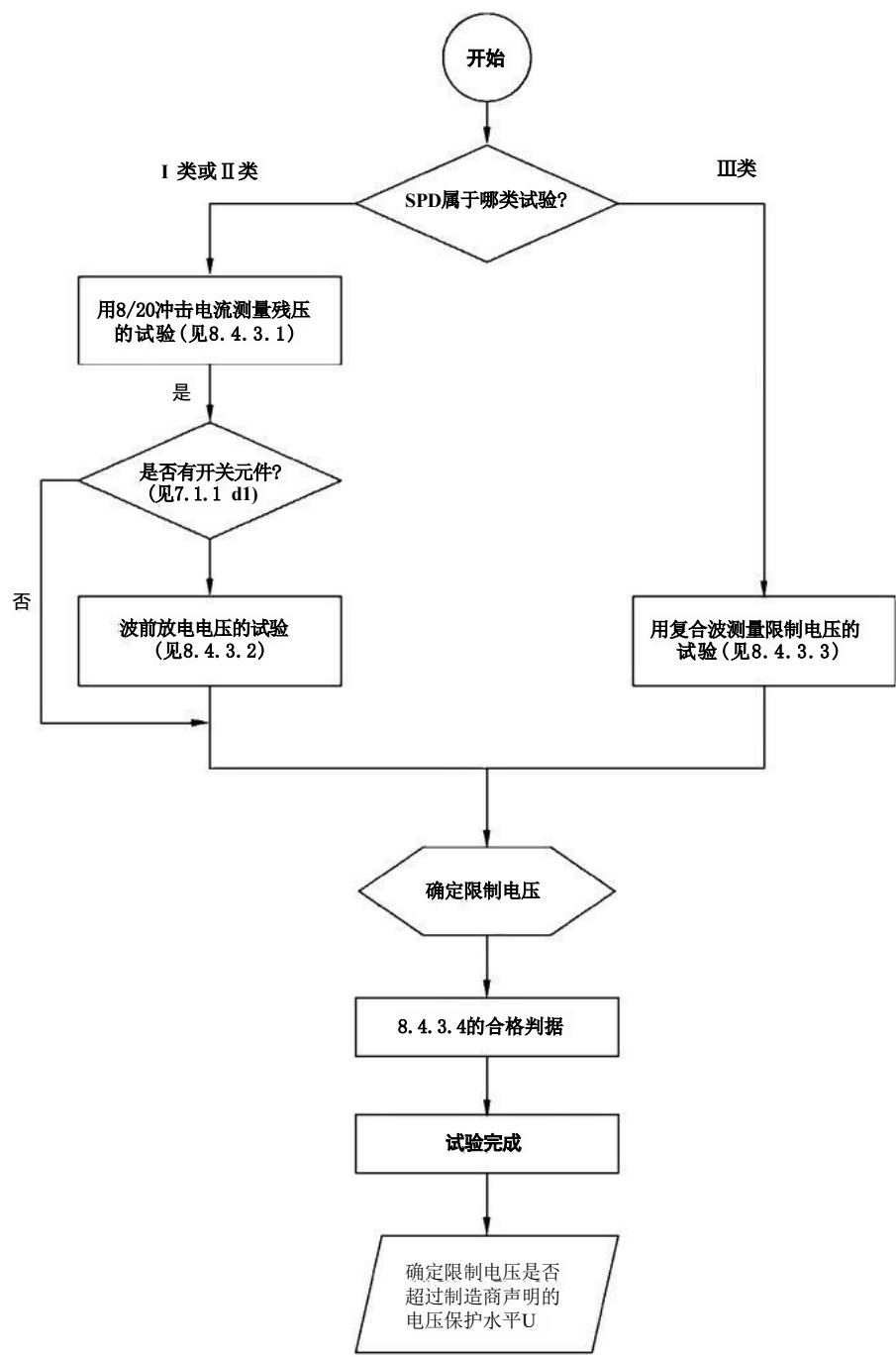


图 5 确定电压保护水平Up 的试验流程图

表 7 确定测量限制电压需进行的试验

试验项目	I类	II类	III类
8.4.3.2试验	×	×	
8.4.3.3试验	X"	×	
8.4.3.4试验			×
仅对电压开关型和复合型SPD进行试验。			

试验时,采用下列特定试验条件:

- a) 所有一端口的 SPD 应不通电试验。
- b) 所有二端口的 SPD 根据 8.4.3.2 和 8.4.3.4 的试验应进行通电试验,其电源电压在 U_c 时的标称电流至少 5A。在电压正弦波的 $90^\circ \pm 5^\circ$ 处施加正极性脉冲,在 $270^\circ \pm 5^\circ$ 处施加负极性脉冲。
- c) 对于具有端子的一端口 SPD,进行试验时不连接外部脱离器,在端子上测量限制电压。对于具有连接导线的一端口 SPD,在外接导线长度为 150 mm 下测量限制电压。对于二端口 SPD 和具有负载接线端子分开的一端口 SPD,在 SPD 的输出/负载端口或负载接线端子测量确定限制电压的电压,在输入/线端口或端子测量确定 U_{max} 的电压。
- d) 限制电压和 U_{max} 是根据图 5 和表 7 相应 SPD 试验类别的试验获得。

8.4.3.2 用 8/20 冲击电流测量残压

试验要求如下:

- a) 当测试 I 类 SPD 时,应依次施加峰值约为 0.1 I_{imp} 、0.2 I_{imp} 、0.5 I_{ip} 、1.0 I_{im} 的 8/20 冲击电流。当测试 II 类 SPD 时,应依次施加峰值约为 0.1 I_n 、0.2 I_n 、0.5 I_n 、1.0 I_n 的 8/20 冲击电流。如果 SPD 仅包含电压限制元件,对 I 类 SPD 仅在 I_{imp} 峰值进行本试验,对 II 类 SPD 仅在 I。峰值进行本试验。
对 SPD 施加一个正极性和一个负极性序列。
- b) 如果制造商声明 I_{max} ,应施加一次额外的峰值为 I_{mm} 的 8/20 冲击电流,电流极性为 a) 试验中残压较大的极性。
- c) 每次冲击的间隔时间应足以使试品冷却到环境温度。
- d) 每次冲击应记录电流和电压波形图。把冲击电流和电压的峰值(绝对值)绘成放电电流与残压的关系曲线图,应画出最吻合数据点的曲线。曲线上应有足够的点,以确保直至 I。或 I_{im} 的曲线没有明显的偏差。
- e) 决定限制电压的残压由下列电流范围内相应曲线的最高电压值来确定:
——I 类:直到 I_{imp} ;
——II 类:直到 I_n 。

注:残压是在电流流过期间测量的最大峰值电压。任何由于发生器的特殊设计,例如 crowbar 发生器,在电流流动之前或期间产生的高频干扰或毛刺都可忽略。

- f) 直到电涌电流 I_n 、 I_{mx} 或 I_{imp} 下的最高残压用于确定 U_{mx} ,取决于 SPD 的试验类别。

8.4.3.3 波前放电电压

使用 1.2/50 冲击电压,发生器开路输出电压设定为 6 kV。试验程序如下:

- a) 对 SPD 施加 10 次冲击,正负极性各 5 次。
- b) 每次冲击的间隔时间应足以使试品冷却到环境温度。
- c) 如果施加的 10 次冲击中的任一次没有观察到在波前放电,应把发生器的开路输出电压设定为 10 kV,重复上述 a) 和 b) 的试验。且应在试验报告中记录。
- d) 应用示波器记录 SPD 上的电压。
- e) 整个试验中记录的最大放电电压用于确定限制电压和 U_{max} 。

8.4.3.4 用复合波测量限制电压

使用复合波进行本试验。试验程序如下:

- a) 每次冲击的间隔时间应足以使试品冷却到环境温度。

- b) 设定复合波发生器的电压，使输出的开路电压为制造商对 SPD 规定 U_{oc} 的 0.1 倍、0.2 倍、0.5 倍和 1.0 倍。如果 SPD 仅包括电压限制元件，仅需要在 U_{oc} 下进行本试验。
- c) 用上述这些发生器的整定值，每种幅值对 SPD 施加 4 次冲击，正负极性各 2 次。
- d) 每次冲击时，应用示波器记录从发生器流入 SPD 的电流和在 SPD 输出端口的电压。
- e) 在整个试验中记录的最大电压用于确定限制电压和 U_{mx} 。

注：这可能是放电电压或残压，取决于 SPD 的设计。

8.4.3.5 所有测量限制电压试验的合格判据

应符合表 4 中的合格判据 B、C、I 和 M。

8.4.4 动作负载试验

8.4.4.1 试验流程

图 6 给出了动作负载试验的流程图。

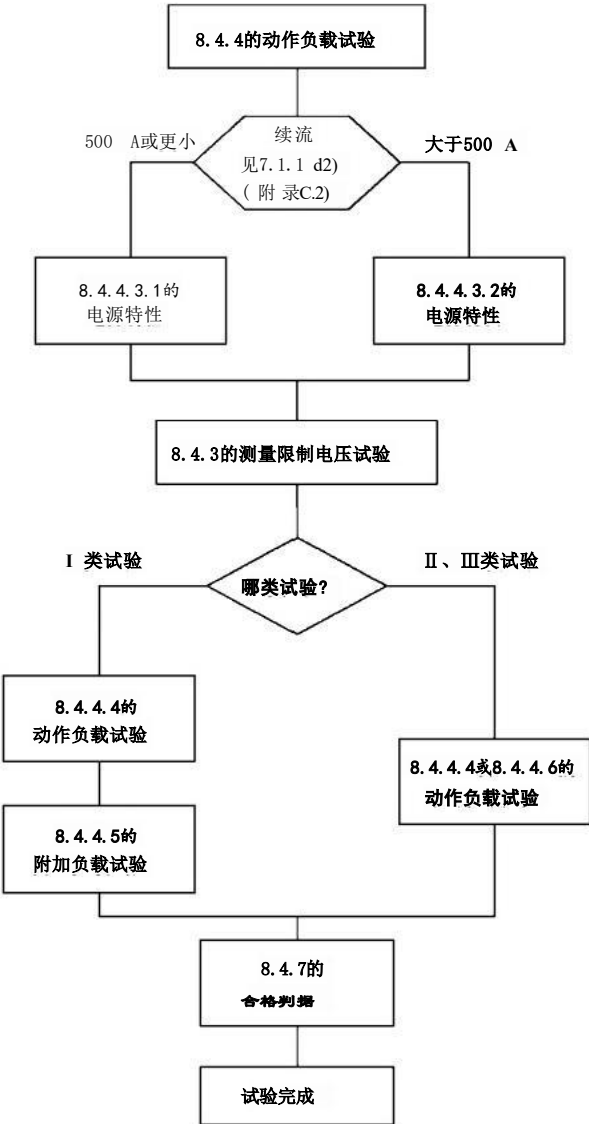


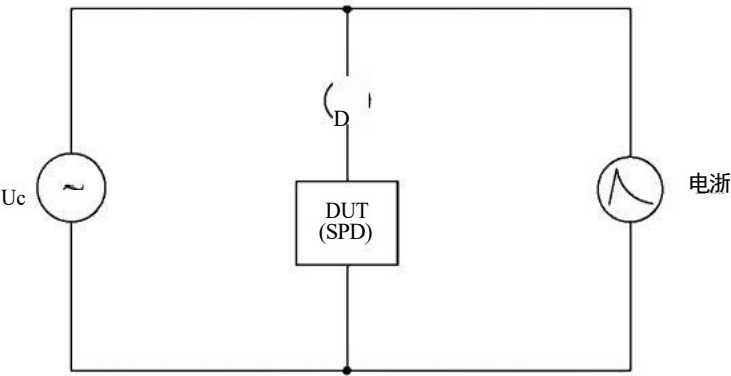
图 6 动作负载试验的流程图

8.4.4.2 一般要求

本试验通过对SPD施加规定次数和规定波形来模拟其工作条件，试验时用符合8.4.4.3要求的交流电源对SPD施加最大持续工作电压 U_c 。

试验设置应符合图7中的电路图。

应按8.4.3描述的试验确定限制电压，但8.4.3.2的试验只采用8/20的电流波形，对于I类试验，电流峰值为 I_m ，对于II类试验，电流峰值为 I_n ，对于III类试验仅在 U_{ox} 下进行。



说明：

- U_c — 符合8.4.4.3要求的工频电源；
- D — 由制造商规定的SPD 外部脱离器；
- DUT— 被试装置(SPD)；
- 电涌——根据8.4.4.4进行 I 类和 II 类动作负载试验的8/20电流；
根据8.4.4.5进行附加负载试验的冲击放电电流；
根据8.4.4.6进行III类动作负载试验的复合波。

图 7 动作负载试验的试验设置

8.4.4.3 动作负载试验的工频电源特性

8.4.4.3.1 续流小于或等于500 A 的 SPD

试品应连接到工频电源。电源的阻抗应满足：在续流流过时，从 SPD 的接线端子处测量的工频电压峰值的下降不能超过 U_c 峰值的10%。

8.4.4.3.2 续流大于500 A 的 SPD

试验试品应连接至电压为 U_c 的工频电源，该电源的预期短路电流如下：

- 制造商按表8规定声明的额定断开续流值 I ，或
- 500 A。

二者取较大值。对于仅连接在TT 和 / 或TN 系统的中线和保护地间的SPD，电源的预期短路电流应至少为100 A。

注：关于 SPD 额定断开续流值及其在特定配电系统安装点的有效预期短路电流的配合，参考GB/T 18802.12 和 GB/T 16895.22—2004。

8.4.4.4 I 类和 II 类的动作负载试验

对本试验，应施加15次8/20正极性的冲击电流，分成3组，每组5次冲击。试品连接至符合8.4.4.

3要求的电源。每次冲击应与电源频率同步。从 0° 角开始,同步角应以 $30^\circ \pm 5^\circ$ 的间隔逐级增加。试验过程如图8所示。

SPD 应施加电压 U_c 。在施加每组冲击时,电源的预期短路电流应符合8.4.4.3的要求。在施加完每组冲击和遮断最后的续流(如有)之后,应继续加电至少1min 来检查其是否复燃。在最后一组冲击和继续加电1 min 后,SPD 保持加电或在30s 内加电到 U_c ,并保持15 min 来检查稳定性。该电源的短路电流容量(在 U_c 下)可减少到5 A。

当 SPD 按I 类试验时,应施加峰值与 I_{imp} 相当的8/20冲击电流。

当 SPD 按II 类试验时,应施加I。的8/20冲击电流。

注:如果SPD 被分类为I 类试验和II 类试验,本试验可只进行一次,但经制造商同意后使用两种试验类别下最严酷的一组参数进行试验。

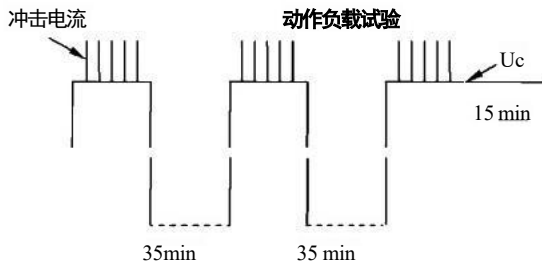


图8 I 类、II 类试验的动作负载时序图

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。

两组冲击之间,试品不必施加电压。

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。

8.4.4.5 I 类试验的附加动作负载试验

本试验通过SPD 的冲击电流逐步增加至 I_{imp} 。

SPD 应施加电压 U_c ,在施加每组冲击时,电源的预期短路电流应为5 A。在施加完每组冲击之后和遮断最后的续流(如有)之后,应继续加电至少1 min 来检查其是否复燃。在最后一组冲击和继续加电1 min 后,SPD 保持加电,或在30 s 内加电到 U_c ,保持15 min 来检查稳定性。为了该目的,电源(在 U_c)的短路电流容量也应是5 A。

对通电的试品,应按下列方式在相应于工频电压的正峰值时,施加正极性的冲击电流:

- a) 用0.11 I_{mp} 电流冲击一次,检查热稳定性,冷却至环境温度;
- b) 用0.251 I_{mp} 电流冲击一次,检查热稳定性,冷却至环境温度;
- c) 用0.5 I_{mp} 电流冲击一次,检查热稳定性,冷却至环境温度;
- d) 用0.75 I_{im} 电流冲击一次,检查热稳定性,冷却至环境温度;
- e) 用1.0 I_{mp} 电流冲击一次,检查热稳定性,冷却至环境温度。

时序图如图9所示。

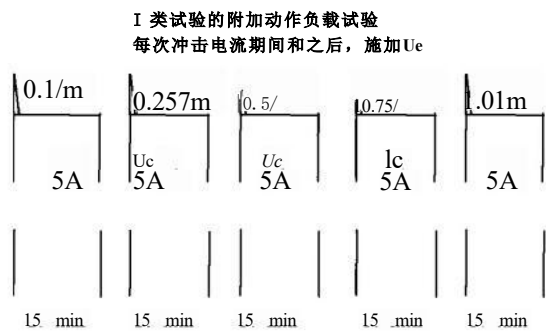


图 9 I 类试验的附加动作负载试验时序图

8.4.4.6 III类动作负载试验

SPD 使用三组对应于 U_{oc} 的冲击进行试验：

- 在正半波峰值处 ($\pm 5^\circ$) 触发5次正极性冲击；
- 在负半波峰值处 ($\pm 5^\circ$) 触发5次负极性冲击；
- 在正半波峰值处 ($\pm 5^\circ$) 触发5次正极性冲击。

时序图如图10所示。

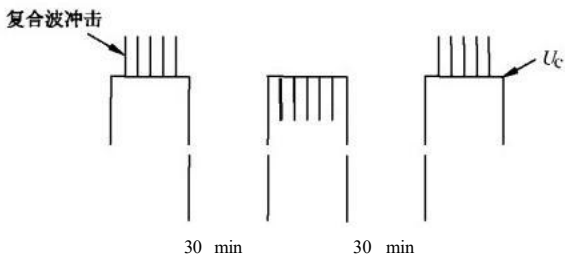


图 10 III类试验的动作负载试验时序图

8.4.4.7 所有动作负载试验和 I 类试验的附加动作负载试验的合格判据

应符合表4中的合格判据A、B、C、D、E、F、G和 M。

8.4.5 SPD 的脱离器和 SPD 过载时的安全性能

8.4.5.1 耐温试验

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

应符合表4中的合格判据 C 和 G。

8.4.5.2 热稳定试验

8.4.5.2.1 试验要求

本试验程序有两种不同的设计：

- 仅包括电压限制元件的 SPD。在这种情况下，采用8.4.5.2.2 a) 的试验程序；
- 包括电压限制元件和电压开关元件的SPD。这种情况8.4.5.2.2 b) 的试验程序适用。

8.4.5.2.2 试品准备

对于具有并联连接的不同非线性元件的 SPD, 应通过断开/中断其余所有电流路径的方法来针对 SPD 的每个电流路径执行该测试。如果相同类型的组件和参数并联连接, 则应将它们作为一个电流路径进行测试。

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

制造商应提供按上述要求准备的试品。试验要求如下:

注1:这个试验可能要分别准备几组试品。

a) 仅有限压元件的SPD 的试验程序如下:

试品应连接到工频电源。

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, 试验电流的误差为 $\pm 10\%$ 。对于第一个试品, 试验从2 mA 真有效值开始, 或者如果试品在 U_c 下的泄漏电流已经超过 2 mA真有效值, 则从 U_c 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。

每一步保持到达到热平衡状态(即10 min 内温度变化小于2 K)。

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

注2: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。试验需在大气中进行, 环境温度为 $25^\circ\text{C} \pm 5\text{ K}$ 。

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

注3:当质疑所有非线性元件是否脱扣, 宜进行目测检查。

注4:只是元器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UREF,则停止调节电流, 电压调节回UREF并保持15 min。为此, 不需要再进行连续的电流监测。电源应具有短路电流能力, 在任何脱离器动作前它不会限制电流。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。

b) 有电压开关元件与其他元件串联的 SPD 的试验程序如下:

SPD 采用电压为UREF的工频电源供电, 电源应具有短路电流能力, 在任何脱离器动作前它不会限制电流。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5:“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)。

8.4.5.2.3 合格判据

应符合表4中的合格判据C、H、I、J、M和O。

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5min 后, 表面温升不应超过80 K。

8.4.5.3 短路电流特性试验

8.4.5.3.1 概述

8.4.5.3.1.1 一般要求

本试验不适用于下列 SPD:

——分类为户外使用, 并且安装在触摸距离之外的SPD;

——仅连接至TN 和/或TT 系统中 N-PE 的 SPD。

表 8 预期短路电流和功率因数

$I_p+5\%$ kA	$\cos \phi - .05$
$I_p \leq 1.5$	0.95
$1.5 < I_p \leq 3.0$	0.9
$3.0 < I_p \leq 4.5$	0.8
$4.5 < I_p \leq 6.0$	0.7
$6.0 < I_p \leq 10.0$	0.5
$10.0 < I_p \leq 20.0$	0.3
$20.0 < I_p \leq 50.0$	0.25
$50.0 < I_p$	0.2
注：恢复电压见 IEC 60947-1。	

试品应按制造商的说明书安装，并且连接8.5.2的最大截面积的导线，连接试品的电缆最大长度为每根0.5m。

8.4.5.3.1.2 试品准备

具有并联连接的非线性元件的 SPD, 对每个电流路径应按下述的方式分别准备三个一组的试品，这些电流路径包含一个或多个3.1.4和3.1.5所述的非线性元件。

在正常运行条件下，具有大于或等于6 kV 冲击耐压水平和大于或等于2500 V/50 Hz介电强度 1 min的具有集成脱离功能且包含电压开关型元件的电流路径，在测试时不需要任何的准备，该电流路径仅和根据下述方法准备的其他电流路径相连接。

在3.1.4和3.1.5中所述的电压限制元件和电压开关元件应采用适当的铜块(模拟替代物)来代替，以确保内部连接，连接的截面和周围的材料(例如，树脂)以及包装不变。

应由制造商提供按上述要求准备的试品。

8.4.5.3.1.3 试验程序

本试验应对两个不同的试验配置进行试验，对每个配置a) 和 b) 采用一组单独准备的试品。

a) 声明的额定短路电流试验如下：

试品连接至电压为UREF的工频电源。在SPD 端子处调整至制造商声明的预期短路电流及符合表8的功率因数。

在电压UREF过零后的45° ±5° 电角度和90° ±5° 电角度处接通短路进行二次试验。

如果可更换的或可重新设定的内部或外部的脱离器动作，每次应更换或重新设定相应的脱离器。如果脱离器不能更换或重新设定，则试验停止。

合格判据如下：

应符合表4中的合格判据C、H、I、J、K、M和N。

b) 低短路电流试验如下：

试品连接至电压为 U_{REF} 的工频电源，电源的预期短路电流应为产品的最大过电流保护电流值(如果制造商声明)的5倍，其功率因数按表8规定，通电时间应为 $5\text{ s}\pm 0.5\text{ s}$ 。如果制造商没有要求有外部的过电流保护，采用300 A的预期短路电流。

在电压 U_{REF} 过零后的 $45^\circ \pm 5^\circ$ 电角度处接通短路电流进行一次试验。

合格判据如下：

应符合表4中的合格判据 C、I、M 和 N。

如果试验中脱离器动作，还应符合表4中的合格判据 H、J 和 K。

8.4.5.3.2 模拟 SPD 失效模式的附加试验

8.4.5.3.2.1 试品准备

对于本试验，任何电子指示电路可断开。

新试品应按制造商的说明书正常使用安装，并且连接8.5.2的最大截面积的导线，连接试品的电缆最大长度应为每根0.5 m。

如果制造商有推荐外部脱离器，应和试品一起进行本试验。

8.4.5.3.2.2 试验程序

试品应连接至以下预处理电压的工频电源：

——额定 U_c 不超过440 V 的 SPD, 施加 $1200+5\% \text{ V(r.m.s.)}$ 电压；

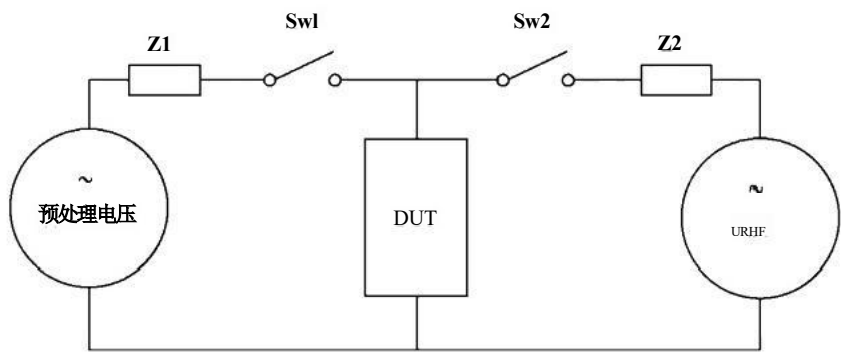
——额定 U_c 高于440 V 的 SPD, 施加等于3倍 $U_c+5\%$ 的电压。

预处理电压施加的时间为 $5+5\% \text{ s}$ ，电源的预期短路电流应按制造商在7.1.1 d5) 中提供的电流值进行调整，该电流值应在1 A 到 $20+5\% \text{ A(r.m.s.)}$ 之间。

在施加预处理电压之后，应在试品上施加 $U_{REF}-5\%$ 电压，在该电压下电源短路电流容量如下文所述，施加时间为5 min 或在电流被内部或外部脱离器切断之后至少0.5 s。

从施加预处理电压到 U_{REF} 的转换应没有间断，应监测流过 SPD 的电流，一个合适的试验电路和时序图如图11和图12所示。

在试品安装处连接至SPD 的电源，其在 U_{REF} 电压下的预期短路电流应有+%的允差。电源的功率因数应满足表8。



说明：

Z1 —— 调节预处理发生器的预期短路电流的阻抗；

Z2 —— 调节UREF的预期短路电流的阻抗；

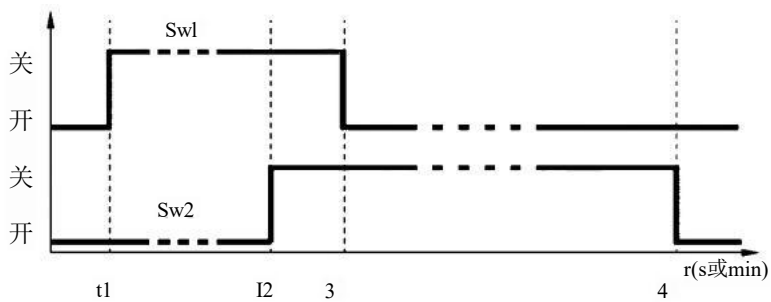
Sw1 —— 机械开关或静态开关，用以在SPD 上施加预处理应力电压；

Sw2 —— 机械开关或静态开关，用以在预处理过的SPD 上施加参考试验电压；

Sw1 和 Sw2 —— 可以是机械开关或静态开关；

DUT —— 被试装置(SPD 和脱离器，如有)。

图11 模拟 SPD 失效模式的试验电路



说明：

$t_1=0$;

$t_3 \geq t_2 \geq 5s-0\%$;

$t_2 \leq t_s < 5s+5\%$;

$t_1=5-$ min 或在电流切断后 ≥ 0.5 s。

图12 模拟 SPD 失效模式的时序图

以下的每个试验都应在新的三个一组的经过预处理的试品上进行，每组试品分别在短路电流为 100 A、500 A 和1000 A 的 URF（如前文所述）下进行试验，除非这些值超过了SPD 声明的额定短路电 流 值。

进一步试验应在如上三个经过预处理的试品上进行，在UREF下的预期短路电流等于制造商声明的 额定短路电流。针对这个试验，预处理试验结束和施加 UREF之间的时间间隔应尽可能短，不应超过 100 ms。

如果在第一组试品(100 A 试验设置下)试验的所有测量值：

——在施加预处理电压的5 s 内显示脱离；

- 在预处理电压之后施加UREF过程中流过试品的电流不超过1 mA;
 - 在预处理电压之后施加UREF过程中流过试品的电流增加不超过试验前在UREF下确定的初始值的20%。
- 则不需要进行下一步的试验。

8.4.5.3.2.3 合格判据

应符合表4中合格判据C、I、M和N。通常情况下,还应符合表4中合格判据H和J,如下没有发生脱离的情况除外:

- 短路型SPD;
 - 在施加UREF过程中电流中断或没有显著电流流过SPD。
- 没有发生脱离。

注:没有显著电流流过是指在预处理电压之后施加UREF过程中流过试品的电流不超过1 mA或电流增加不超过试验前在UREF下确定的初始值的20%。

对于该试验,在预处理期间任何对电子指示电路的损坏不认为是失效。

8.4.6 绝缘电阻

8.4.6.1 概述

本试验不适用于具有与保护接地连接的金属外壳的SPD。

8.4.6.2 试品准备

试品如有附加的进线孔,则全部打开;如有敲落孔,则打开其中一个孔。把不借助工具就能拆卸的盖和其他部件取下,进行同样的潮湿处理。

8.4.6.3 试验程序

潮湿处理应在相对湿度保持为 $93\% \pm 3\%$ 的潮湿箱中进行。放置试品处的空气温度保持在 $20^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 之间的任一合适温度T,温度变化为 $\pm 2\text{ K}$ 内。试品在放入潮湿箱之前,应预热至 $T^{\circ}\text{C} \sim (T+4)^{\circ}\text{C}$ 温度之间。

注1:大多数情况下,试品在进入潮湿箱前在所要求的温度下要至少保持4 h,即能达到这个温度。

试品应在潮湿箱中保持2 d(48 h)。

注2:潮湿箱中放置硫酸钠(Na_2SO_4)或硝酸钾(KNO_3)的饱和水溶液,并使其与箱内空气有一个足够大的接触面,就可获得要求的相对湿度。

潮湿试验后经30 min~60 min,施加500 V的直流电压60 s后测量绝缘电阻。

把被拆下的部件重新装好后,在潮湿箱内或在使试品达到规定温度的房间里进行测量。

按下列要求进行测量:

a) 在所有互相连接的带电部件和SPD偶尔可触及的壳体之间。

本试验术语“壳体”包括:

- 所有可触及的金属部件和按正常使用安装后可触及的绝缘材料表面覆盖的金属箔;
- 安装SPD的平面,如有必要,该表面可覆盖金属箔;
- 把SPD固定在支架上的螺钉和其他工件。

对于这些测量,覆盖金属箔时应使可能存在的模铸件也受到有效的试验。

连接至PE的保护元件在本试验时可断开。

b) 在 SPD 主电路的带电部件和辅助电路的带电部件(如果有)之间。

8.4.6.4 合格判据

绝缘电阻应不低于:

- 5MQ——对于a) 项的测量结果;
- 2 MQ——对于b) 项的测量结果。

8.4.7 介电强度

8.4.7.1 概述

户外型 SPD 在接线端间试验, 内部部件拆下。在本试验过程中, 按GB/T 16927.1-2011的4.4对 SPD 喷水。

户内型SPD 按8.4.6的a) 和 b) 所述进行试验。

按表9用交流电压对SPD 进行试验。开始时电压不超过所要求的交流电压的一半, 然后在30s 内增加至全值, 并保持1 min。

表 9 介电强度

SPD持续工作电压 V	交流试验电压 kV
$U_c \leq 100$	1.1
$100 < U_c \leq 200$	1.7
$200 < U_c \leq 450$	2.2
$450 < U_c \leq 600$	3.3
$600 < U_c \leq 1200$	4.2
$1200 < U_c \leq 1500$	5.8

8.4.7.2 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。过电流继电器(如有)应只有当试验电流超过100 mA 时才动作。测量试验电压的装置应具有±3%的精度。

8.4.8 暂时过电压(TOV) 下的特性

8.4.8.1 在低压系统故障引起的TOV 下试验

8.4.8.1.1 概述

SPD 应使用表C.1 中的TOV 电压 U_T 或者制造商在7.1.1 cl) 中规定的TOV 电压进行试验, 两者取较高值。

根据制造商在7.1.1cl) 中提供的信息, 表B.1 应适用于所有的SPD, 依据附录C 中 C.1 的附加表格也应适用。

8.4.8.1.2 试验程序

应采用新的试品并按制造商的说明书中的正常使用条件安装。

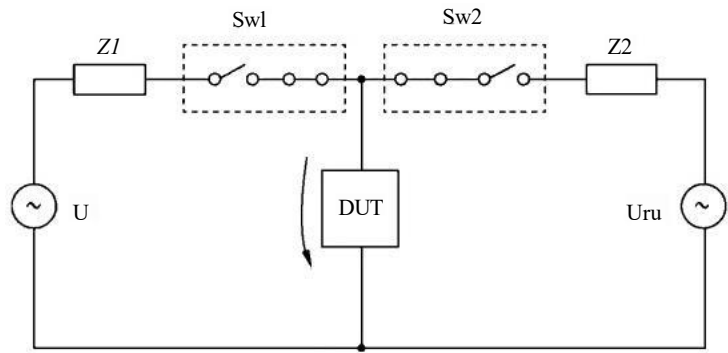
试品应连接到UT-5 的工频电压，持续时间为 $t_t+5\%$ 。

除了失零试验，UT电源应能输出足够大的电流，以确保在试验过程中SPD 端子上的电压跌落不会到超过UT 的5%。对于失零试验，电源应能输出10 A的预期短路电流。

紧接着在施加UT 后，应在试品上施加等于 $U_{REF}-s\%$ 并具有同样电流能力的电压 $15+5\% \text{ min}$ 。

对于失零试验， U_{REF} 电源输出的预期短路电流应等于SPD 声明的额定短路电流。

试验周期之间的时间间隔应尽可能短，并且在任何情况下不应超过100 ms。图 1 3 和 图 1 4 是试验电路的一个示例和该试验相应的时序图。



说明：

UT ——根据附录C 的暂时过电压；

U_{REF} ——见附录 B 的参考试验电压；

Z1 调节 UT 电源的预期短路电流的阻抗；

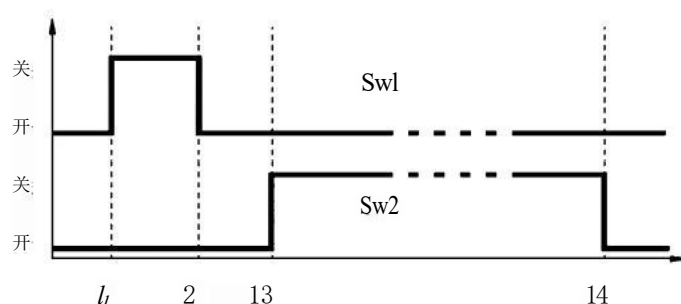
Z2 调节 U_{REF} 电源的预期短路电流的阻抗；

Sw1 ——将暂时过电压施加到 SPD 的开关；

Sw2 ——将参考试验电压施加到 SPD 的开关；

DUT—— 被试装置(SPD+ 脱离器，如适用时)。

图 1 3 在低压系统故障引起的TOV 下进行试验的电路示例



说明:

$t_1=0$;

$t_2=tT+5$;

$t_3 \leq t_4 < (t_3+100)$ ms;

$t_4=(tr+15+)\text{min}$ 。

图14 在低压系统故障引起的 TOV 下进行试验相应的时序图

8.4.8.1.3 合格判据

合格判据如下:

a) TOV 故障模式: 应符合表4中的合格判据C、H、I、J、K、L和M。

b) TOV 耐受模式: 应符合表4中的合格判据A、B、C、D、E、F、G、I、L和M。

8.4.8.2 在高(中)压系统的故障引起的暂时过电压(TOV) 下试验

8.4.8.2.1 概述

SPD 连接至PE 并用于配电系统, 应使用附录C 表C.1 中 TOV 电压 U_T 或者制造商在7.1.1c1) 中规定的TOV 电压进行试验, 两者取较高值。

根据制造商在7.1.1c1) 中提供的信息, 表B.1 应适用于所有的SPD, 依据附录C 中C.1 的附加表格也应适用。

应采用新的试品并按制造商的说明书的正常使用条件安装, 并连接至图15的试验电路或等效的电路。

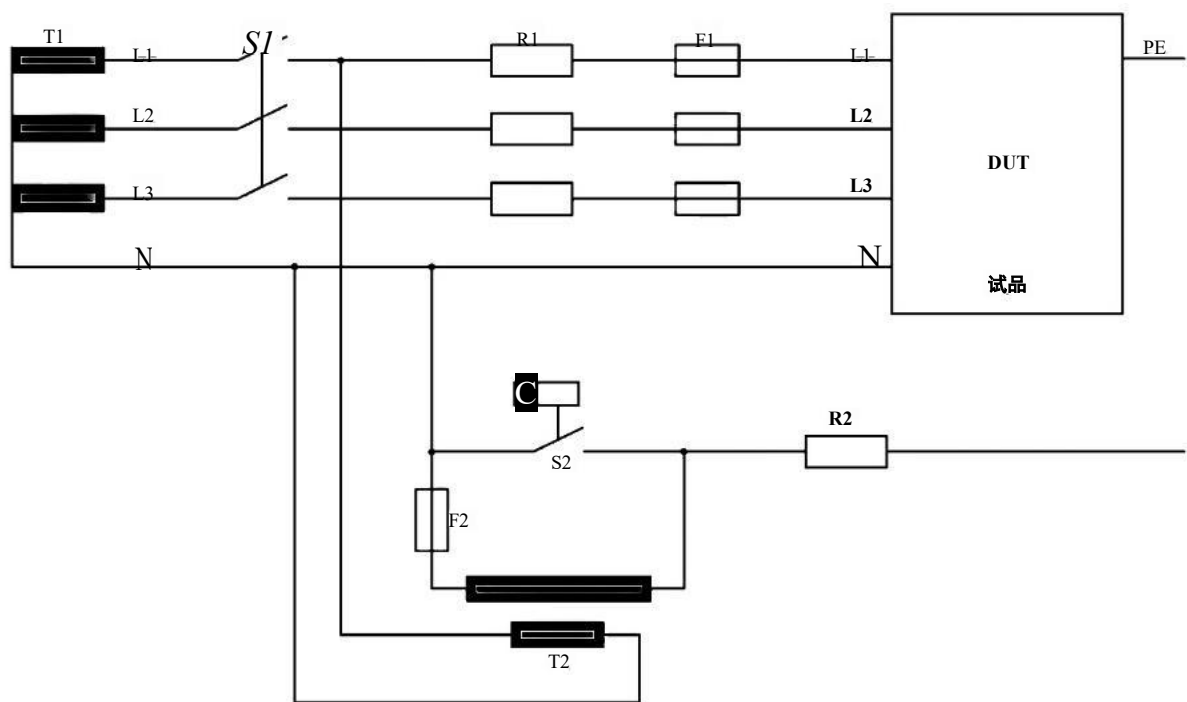
8.4.8.2.2 试验程序

通过闭合S1 在 L1 相的90° 电角度处对试验试品施加 $U_T-3\%$ 。

在 TOV 施加时间 $tr+5\%$ 后, S2自动闭合。

通过短路TOV 变压器(T2) 的二次绕组把SPD 的 PE 端子连接至中性线(经过限流电阻 R_2), 这将使保护TOV 变压器的熔断器 F2 动作。

图15和图16是试验电路的一个示例和该试验相应的时序图。



说明：

SI ——主开关；

S2 —— 定时开关——在主开关闭合200 ms 后闭合；

F1 ——按制造商的说明书推荐的最大过电流保护；

F2 ——TOV 变压器保护熔断器(需要耐受300 A 持续时间200 ms)；

T1 ——二次绕组电压为URFF的电源变压器；

T2 ——TOV 变压器，一次绕组电压为UREF,二次绕组电压为1200 V；

R1 —— 调节UREF电源的预期短路电流的限流电阻；

R2 ——调节 TOV 电路的预期短路电流至300 A的限流电阻(约4 Ω)；

DUT—— 被试装置。

图 1 5 在高(中)压系统故障引起的 TOV 下试验用于TT 系统的SPD 时采用的电路示例

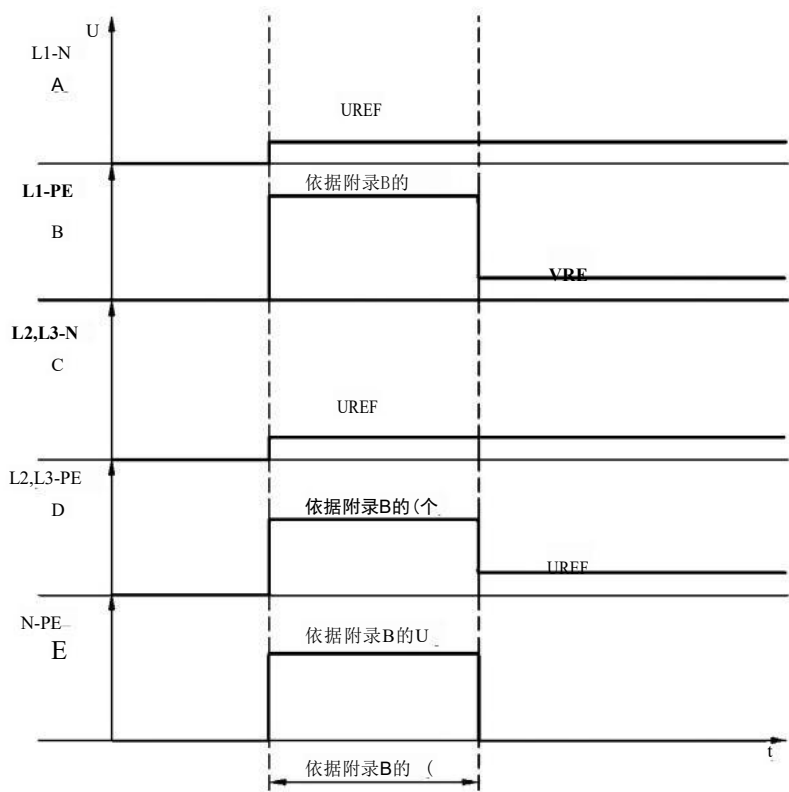


图16 在高(中)压系统故障引起的TOV 下用于 TT 系统的SPD 端子上预期电压的相应时序图

附录 H 给出了试验电路的其他示例。

允许采用其他的试验电路，只要它们确保对 SPD 有相同的应力。

电源UREF的预期短路电流应等于制造商声明的最大过电流保护的额定电流的5倍，如果没有声明最大过电流保护，则为300 A, 电流允许误差为+10%, 电源的功率因数应满足表8。

TOV 变压器输出的预期短路电流应通过 R2 调节至300+10% A。

试品施加URFF保持15 min 不断开，直至开关S1 重新断开，中性线接地的SPD 除外。

8.4.8.2.3 合格判据

合格判据如下：

- a) TOV 故障模式：应符合表4中的合格判据C、H、I、J、K、L 和 M;
- b)TOV 耐受模式：应符合表4中的合格判据 A、B、C、D、E、G、I、K、L 和 M。

8.5 机械试验

8.5.1 螺钉、载流部件和连接的可靠性试验

通过直观检查其是否符合要求，但对 SPD 接线所使用的螺钉，还应进行下列试验：

拧紧和拧松螺钉：

---10次(对于与绝缘材料螺纹啮合的螺钉)；

——5次(所有其他情况)。

与绝缘材料螺纹啮合的螺钉或螺母，每次应完全旋出然后再旋入，除非螺钉的结构阻止螺钉旋出。

应采用合适的螺丝起子或扳手施加表10所示的扭矩进行此试验，或依据制造商的声明要求进行试

验，两者取较大值。

拧紧螺钉不应采用冲击力。

每次拧松螺钉后，要移动导体。

表10 螺钉的螺纹直径和施加的扭矩

标称螺纹直径 mm	扭矩 N · m		
	I	II	III
$d \leq 2.8$	0.2	0.4	0.4
$2.8 < d \leq 3.0$	0.25	0.5	0.5
$3.0 < d \leq 3.2$	0.3	0.6	0.6
$3.2 < d \leq 3.6$	0.4	0.8	0.8
$3.6 < d \leq 4.1$	0.7	1.2	1.2
$4.1 < d \leq 4.7$	0.8	1.8	1.8
$4.7 < d \leq 5.3$	0.8	2.0	2.0
$5.3 < d \leq 6.0$	1.2	2.5	3.0
$6.0 < d \leq 8.0$	2.5	3.5	6.0
$8.0 < d \leq 10.0$	—	4.0	10.0

第I 栏数值适用于螺钉拧紧时，不露出孔外的无头螺钉和其他不能用刀口宽于螺钉直径的螺丝刀拧紧的螺钉。

第II 栏数值适用于用螺丝刀拧紧的其他螺钉。

第III 栏数值适用于除用螺丝刀之外的工具来拧紧的螺钉和螺母。

如果六角头螺钉带有可用螺丝刀来紧固的槽口，以及第II 和III 栏的数值不同时，应做二次试验，第一次对六角头施加第III 栏规定的扭矩，然后对另一个试品用螺丝刀施加第II 栏规定的扭矩。如果第II 栏和第III 栏的数值相同，则仅用螺丝刀进行此试验。

合格判据如下：

在试验过程中，螺钉拧紧的连接不应松动，并且不应有妨碍 SPD 继续使用的损坏，诸如螺钉断裂或螺钉头上的槽、螺纹、垫圈或螺钉夹头损坏。

外壳和盖不应损坏，这应通过直观检查来确认。

8.5.2 连接外部导体的接线端子

8.5.2.1 总则

按制造商推荐的要求把SPD 固定在一块厚度约20 mm，涂有无光泽黑漆的木板上，并且防止外部过度的加热或冷却。

除非另有规定，SPD 的接线端子应按下列要求连接导体：

- 二端口器件和输入/输出端子分开的一端口器件，按表11；
- 其他的一端口器件按制造商的说明书。

按I 类试验的 SPD 和按II 类试验的标称放电电流 ≥ 5 kA 的一端口的 SPD 至少应能夹紧截面为4mm² 的导体。

8.5.2.2 螺钉接线端子

8.5.2.2.1 一般要求

采用合适的螺丝刀或扳手施加表10规定的扭矩进行试验。

接线端子连接8.5.2规定的最小或最大截面积的实心或绞合铜导体，采用最不利的一种。

将导体插入接线端子至规定的最短距离，或在没有规定距离时插入至导体直到远端露出，并使导体处于最容易松脱的位置。

然后使用等于表10相应栏目中规定值的三分之二的扭矩拧紧接线端子螺钉。

然后对每根导体施加表12规定的拉力，单位为N。施加拉力时应无冲击，时间为1 min，方向为导体的轴向方向。

在试验过程中，插入接线端子中的导体不应有明显的移动。

表11 螺钉型端子或无螺钉端子能连接的铜导体截面积

二端口的SPD或输入/输出端子分开的一端口的SPD的最大持续负载电流” A	能夹住的标称截面范围(单芯导体) mm ²
I≤13	1~2.5
13<I≤16	1~4
16<I≤25	1.5~6
25<I≤32	2.5~10
32<I≤50	4~16
50<I≤80	10~25
80<I≤100	16~35
100<I≤125	25~50
“对电流额定值小于或等于50 A的接线端子的结构要求能夹紧实心导体及硬性绞合导体，也允许使用软性导体。 但是，对截面积为1 mm ² ~6 mm ² 的导体的接线端子，允许其结构仅能夹紧实心导体。”	

8.5.2.2.2 螺钉型端子的拉力试验

通过以下的试验来检验其是否符合要求。螺钉型接线端子试验拉力见表12。试验要求如下：

表12 拉力(螺钉型接线端子)

接线端子能连接导体的截面积/mm ²	≤4	≤6	≤10	≤16	≤50
拉力/N	50	60	80	90	100

- a) 接线端子连接8.5.2规定的最小或最大截面积的铜导体(实心或绞合),采用最不利的一种。并用表10相应栏目中规定值的三分之二的扭矩拧紧接线端子螺钉。然后拧松接线端子螺钉，接着对导体可受到接线端子影响的部分进行检查。
- 合格判据如下：
- 导体不应有过度的损坏或导线被切断的现象。

如果导体上有深的或尖锐的压痕,则认为是过度损坏。

在试验过程中,接线端子不应松动,也不应有妨碍接线端子继续使用的损坏,诸如螺钉断裂或螺钉头上的槽、螺纹、垫圈或螺钉夹头损坏。

b) 接线端子连接依据表13的硬性绞合铜导体。

在导体插入接线端子前,可对导体的线丝进行适当的整形。

导体插入至接线端子底部或刚好从接线端子的远端伸出,并使导体处于最容易松脱的位置。然后用表10相应栏目中规定值的三分之二的扭矩拧紧紧固螺钉或螺母。

合格判据如下:

试验结束后,应无导体的线丝从 SPD 的接线端子中脱出。

表13 导体尺寸

能被夹紧的标称截面范围 mm ²	绞合导体
	导线股数
1~2.5"	7
1~4"	7
1.5~60	7
2.5~10	7
4~16	7
10~25	7
16~35	19
25~50	正在考虑中
“如果接线端子是仅用于夹紧实心导体时(见表11的脚注),则不进行试验。”	

8.5.2.3 无螺钉接线端子

通过以下的试验来检验其是否符合要求。无螺钉接线端子试验拉力见表14。

接线端子连接8.5.2规定的最小或最大截面积的新铜导体(实心或绞合),采用最不利的一种。

然后对每根导线施加表14所示的拉力。施加拉力时应无冲击,时间为1 min,方向为导线的轴向方向。

合格判据如下:

在试验过程中,插入接线端子中的导线应没有移动或任何损坏的迹象。

表14 拉力(无螺钉接线端子)

截面积/mm ²	0.5	0.75	1.0	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35
拉力/N	30	30	35	40	50	60	80	90	100	135	190

8.5.2.4 绝缘穿刺连接

8.5.2.4.1 用于单芯导体的SPD 的接线端子的拉力试验

通过以下的试验来检验其是否符合要求。

接线端子连接按8.5.2规定的最小或最大截面积的新铜导体(实心或绞合),采用最不利的一种。按表10规定的扭矩拧紧螺钉(如果有)。

连接和拆卸导体5次,每次使用新的导体。在每次接线后对导线施加表14规定的拉力,施加拉力时应无冲击,时间为1 min,方向为导线的轴向方向。

合格判据如下:

在试验过程中,插入接线端子中的导线应没有移动或任何损坏的迹象。

8.5.2.4.2 用于多芯电缆或电线的SPD的接线端子的拉力试验

用与单芯导体相同的方法对用于夹紧多芯电缆或电线的SPD的接线端子进行拉力试验,拉力应施加在全部多芯电缆或电线上而不是单芯线上。

按公式(1)计算拉力:

$$F=F(x)\sqrt{n} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- F ——施加的全部力,单位为牛顿(N);
- F(x)—— 按单根导体的截面作用于—根芯线上的力(见表9),单位为牛顿(N);
- n ——多芯电缆的芯数。

在试验过程中,电缆或电线不应滑出接线端子。

8.5.2.5 扁形快速连接端子

正在考虑中。

8.5.2.6 尾纤连接(飞线)

飞线连接的拉力试验方法如下:

预期连接至电源系统的飞线,应按以下试验来检查其符合性。

如果结构和装置允许,飞线和连接头应能承受从任意角度施加到导线上的89 N 的拉力1 min,不能有损坏或脱离。

合格判据如下:

在试验过程中,不应有导体的移动或任何损坏的迹象。

8.5.3 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 罩子或附加外壳,确保SPD 满足污染等级2。

注1: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。

合格判据如下:

电气间隙和爬电距离不应小于表15和表16中的值,其中表16应用于表15中的1)、2)和3)。

注2:海拔高度超过2000 m 时,参考GB/T 16935.1—2008中表F.2,并使用Um 在情况A(非均匀场条件下)的列中作为输入参数来确定所要求的电气间隙。但在任何情况下,由于机械方面的原因,本部分表15中的最低要求需满足。

表 15 SPD 的电气间隙

U _{max}	≤2000 V	≤4000 V	>4000 V ≤6000 V	>6000 V ≤8000 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(注2)	3	6	11	16
—安装SPD的螺钉或其他工件之间(注2)	3	6	11	16
—壳体之间(注1和注2)	1.5	3	5.5	8
3) 脱离器机构的金属部件与				
—壳体之间(注1)	1.5	3	5.5	8
—安装SPD的螺钉或其他工具	1.5	3	5.5	8
注1: 定义见8.4.6.3 a)。 注2: 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,其电气间隙也不能减少时,则该处的合格判据采用第一行的值。				
“该列仅适用于U _c ≤180 V的SPD。”				

表 16 SPD 的爬电距离

电压be r. m. s 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IIIb以外的所有材料组	所有材料组	材料组			材料组		
I				II	III	I	II	III	
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	0.42	0.42	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

表16 (续)

电压b . r. m. s 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IIIb以外的所有材料组	所有材料组	材料组			材料组		
I				II	III	I	II	III	
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
1000	3. 2	5	3. 2	5	7. 1	10	12. 5	14	16
注： 如果实际电压不同于表格中的值，允许使用内插法得到中间电压。当使用内插法时，采用线性内插法。数值需取整到和表格中的值一样的位数。									
关于材料组的信息参考表17。 该电压是用于功能绝缘的工作电压。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或F. 3b进行电压合理化。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，是在额定电压和在设备等级内操作条件最繁重的组合下，系统、设备和内部电路上发生的最大电压有效值。 针对主保护电路，该列参考Uc。 d材料IIIb不可使用于630V以上的污染等级3中。									

表17 材料组和分类之间的关系

材料组 I	$600 \leq CTI$
材料组 II	$400 \leq CTI < 600$
材料组 IIIa	$175 \leq CTI < 400$
材料组 IIIb	$100 \leq CTI < 175$
注：材料组合分类之间的关系根据GB/T 4207 (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，但应根据GB/T4208 用试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1mm， 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 厚自硬性的树脂覆盖，或如果能承受8.4.7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满过槽孔的边缘，而应牢固地附着在槽孔壁及其中的金属物上。

通过目测并在不使用工具的情况下尝试剥离填充物或树脂来进行测试。

8.5.4 机械强度

8.5.4.1 撞击试验

SPD 应具有足够的机械强度，以使其能承受安装和使用过程中遭受的机械应力。

通过下列试验来检验其是否符合要求：

用图17和图18所示的撞击试验装置对试品进行撞击试验。

撞击元件有一个半径为10 mm 的半圆形球面，它是由洛氏硬度为 HR100 的聚酰胺材料制成，质量为 $150\text{g}\pm 1\text{g}$ 。

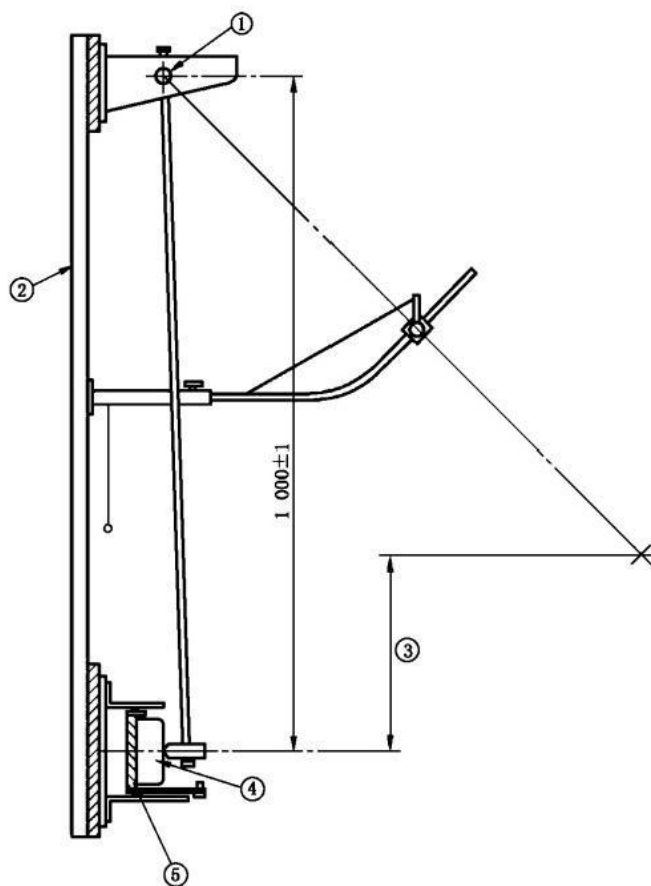
它被刚性地固定在一根外径为9 mm，壁厚为0.5 mm 的钢管下端，钢管上端可在转轴上转动，使它只能在一个垂直平面上摆动。

转轴的轴线是在撞击元件轴线上方 $1000\text{ mm}\pm 1\text{ mm}$ 处。

用一个直径为 $12.700\text{ mm}\pm 0.0025\text{ mm}$ 的球； $100\text{ N}\pm 2\text{ N}$ 的起始载荷及 $500\text{ N}\pm 2.5\text{ N}$ 的过载荷来确定撞击元件头部的洛氏硬度。

注：关于确定塑料洛氏硬度的补充资料参见GB/T 3398.2-2008。

单位为毫米

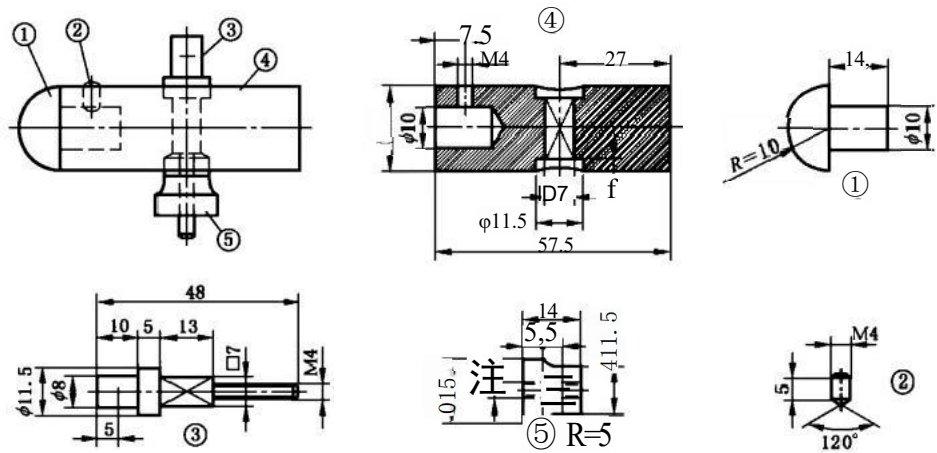


说明:

- ①——摆；
- ②——框架；
- ③——下落高度；
- ④——试品；
- ⑤——安装架。

图 17 撞击试验装置

单位为毫米



部件的材料:

- ① —聚酰胺;
②,③,④,⑤--Fe360 钢。

图18 摆锤的撞击元件

试验装置应这样设计: 应在撞击元件表面上施加1.9 N~2.0N 之间的力, 才能将钢管保持在水平位置。

将试品安装在一块8 mm 厚, 长宽均约为175 mm 的层压板上, 层压板上下两边固定在刚性托架上。

移动式SPD 的试验像固定式SPD 一样, 但用辅助装置把它固定在层压板上。

安装支架的质量应为10 kg±1 kg,其应安装在一个刚性框架上。

安装支架应设计为:

- 试品能这样放置, 使撞击点位于通过枢轴轴线的垂直平面上;
- 试品能够在水平方向移动, 并且能绕着一根与层压板表面垂直的轴线转动;
- 层压板能绕着一根垂直轴线转动。

嵌入式SPD 安装在一个铁树木或类似机械特性的材料制成的基座的凹槽内, 再整个固定在层压板上(SPD 不在其相应的安装盒中试验)。

如果使用木板, 则木板纤维的方向应垂直于撞击的方向。

螺钉固定的嵌入式SPD, 应用螺钉固定在嵌入基座的凸缘上。卡爪固定的嵌入式 SPD 应用卡爪固定在基座上。

在撞击实施前, 应用表10规定值三分之二的扭矩把底座和盖子的固定螺钉拧紧。

试品应这样安装使得撞击点位于通过枢轴轴线的垂直平面上。

使撞击元件从表18规定的高度落下。

表18 用于撞击要求的下落距离

下落高度 mm	受撞击的外壳部件	
	普通SPD	其他SPD
100	A 和 B	A 和 B
150	C	C
200	D	D
A:前面部件, 包括凹进部分。 B:正常安装后, 从安装表面突出小于15 mm(从墙算起的距离)的部件, 除了上面的A部分。 C:正常安装后, 从安装表面突出大于15mm而小于25mm(从墙算起的距离)的部件, 除了上面的A部分。 D:正常安装后, 从安装表面突出大于25mm(从墙算起的距离)的部件, 除了上面的A部分。		

除了部件A 之外, 施加在试品的所有部分的撞击的下落高度由试品离安装表面最突出部分确定。

下落高度是摆释放时测试点位置与撞击瞬间测试点位置之间的垂直距离。测试点是标志在撞击元件表面上的一点, 该点是通过钢管摆的轴线和撞击元件的轴线的交点并垂直于该两轴线构成的平面的直线与撞击元件表面的交点。

施加的撞击应均匀地分布在试品上。敲落孔不施加撞击。

施加下列撞击:

——对于A 部件, 撞击5次: 1次在中心。试品水平移动后: 在中心和边缘间薄弱的点各1次; 然后把试品绕它的垂直于层压板的轴线转过90° 之后, 在类似的点各1次。

——对于B(适用时), C 和 D 部件, 4次撞击:

- 在层压板转过60° 后, 在试品的一侧面撞击1次, 保持层压板的位置不变, 试品绕它的垂直于层压板的轴线转过90° 之后, 在试品的另一侧面撞击1次;
- 把层压板往相反方向转过60° , 对试品的其他两侧面各撞击1次。

合格判据如下:

试验后, 试品应无本部分含义内的损坏。尤其是带电部件不应被标准试指触及。

对于外表的损坏以及不导致爬电距离或电气间隙减少的小的压痕和不会对防触电保护或防止水的有害进入产生不利影响的小碎片均可忽略不计。

在不采用附加的放大手段的条件下, 正常或校正视力所不可见的裂缝、玻璃纤维增强模塑件及类似材料表面的裂缝可忽略不计。

8.6 环境和材料试验

8.6.1 防止固体物进入和水的有害进入

应按照GB/T4208 进行试验和校核IP 代码。

8.6.2 耐热

SPD 在温度为100℃ ± 2 K 的加热箱中保持1h。

合格判据如下:

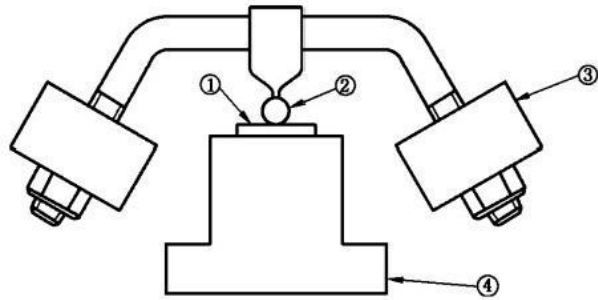
应符合表4中的合格判据C 和 I, 还应符合下列附加合格判据:

——内部组装的任何密封化合物(包括灌封的)不应移动到对SPD 的功能造成影响;

——即使 SPD 的脱离器断开, 也可认为 SPD 已通过试验。

8.6.3 球压试验

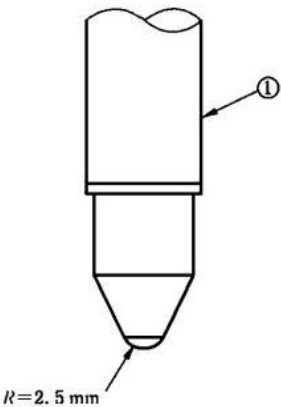
SPD 中用绝缘材料制成的外部零件用图19和图20所示的试验装置进行球压试验。



说明：

- ①——试品；
- ②——压力球；
- ③——重物；
- ④——试品支架。

图19 球压试验装置



说明：

- ①——载荷杆。

图20 球压试验装置的载荷杆

绝缘材料制成的把载流部件和接地电路的部件保持在其位置上必备的外部零件，在一个温度为 $125^{\circ}\text{C}\pm 2\text{K}$ 的加热箱中进行试验。

绝缘材料制成的不是把载流部件和接地电路的部件保持在其位置上必备的外部零件，即使这些零件与它们相接触，试验在 $70^{\circ}\text{C}\pm 2\text{K}$ 的加热箱中进行。

把试品适当地固定，使其表面处于水平位置，把一个直径5 mm 的钢球用20 N 的力压此表面。

1h 后，把钢球从试品上移开，然后把试品浸入冷水中使其在10s 内冷却至环境温度。

合格判据如下：

测量由钢球形成的压痕直径不应超过2 mm。

注：陶瓷材料的部件不进行本试验。

8.6.4 耐非正常热和耐燃

灼热丝试验应按GB/T5169.11—2017 中第4章至第8章在下列条件下进行：

- 对于SPD 中用绝缘材料制成的把载流部件和保护电路的部件保持在位置上必备的外部零件，试验应在850℃±15 K 温度下进行。
- 对于所有由绝缘材料制成的其他零件，试验应在650℃±10 K 温度下进行。

对陶瓷材料制成的以及尺寸小于GB/T 5169.11—2017 的4.4中规定的部件不进行本试验。

如果绝缘部件是由同一种材料制成，则仅对其中一个零件按相应的灼热丝试验温度进行试验。

灼热丝试验是用来确认电加热的试验丝在规定的试验条件下不会引燃绝缘部件，或确认在规定的条件下可能被加热的试验丝点燃的绝缘材料部件在一个有限的时间内燃烧，而不会由于火焰或燃烧的部件或从被试部件上落下的微粒而蔓延火焰。

试验在一台试品上进行。

在有疑问的情况下，可再用二台试品重复进行此项试验。

每台试品进行一次灼热丝试验。

试验期间，试品应处于其规定使用的最不利的位置(被试部件的表面处于垂直位置)。

考虑到加热元件或灼热元件可能与试品接触的情况，应使灼热丝的顶端应施加在试品规定的表面上。

合格判据如下：

如果符合下列条件，试品可看作通过了灼热丝试验：

- 没有可见的火焰和持续火光；
- 灼热丝移开后试品上的火焰和火光在30 s 内自行熄灭。

不应点燃薄棉纸或烧焦松木板。

8.6.5 耐电痕化

试验根据 GB/T 4207,采用溶液A 进行试验，试验电压取决于根据8.5.3测量得到的爬电距离和要求的材料组类别。

8.7 特殊 SPD 设计的附加试验

8.7.1 二端口和输入/输出端子分开的一端口的SPD 试验

8.7.1.1 额定负载电流(IL)

SPD 应在室温下用表19规定的标称截面的电缆连接至施加电压Uc。 试验应以额定负载电流流过阻性负载直至达到热平衡。不允许对 SPD 进行额外冷却。

表19 额定负载电流试验的试验导体

试验电流 A		导体横截面积 mm ²
大于	小于或等于	
0	8	1.0
8	12	1.5

表19(续)

试验电流 A		导体横截面积 mm ²
大于	小于或等于	
12	15	2.5
15	20	2.5
20	25	4.0
25	32	6.0
32	50	10
50	65	16
65	85	25
85	100	35
100	115	35
115	130	50
130	150	50
150	175	70
175	200	95
200	225	95
225	250	120
250	275	150
275	300	185
300	350	185
350	400	240

合格判据如下:

应满足表4中的C、F和 G, 还应符合下列附加合格判据。

试验过程中, 在正常使用下可触及表面的温升不应超过附录I 中描述的值。

8.7.1.2 过载特性

试验在环境温度下进行, 并且试品应避免异常的外部加热或冷却。

试验电路和程序应如8.7.1.1所述, 除了主回路之外的电路本试验可忽略。

进行试验时不连接任何外部过电流保护装置(内部可移除的过电流保护装置用一个阻抗可忽略不计的连接代替)。

如果制造商规定了最大过电流保护, SPD 应通以等于最大过电流保护k 倍的负载电流1h。系数k 应从表20中选取。

表20 过载特性的电流系数 k

保护装置	触发电流系数k
断路器	1.45
熔断器	1.6
注：如果制造商未指定保护装置的类型(断路器或熔断器), 本试验采用较高的k系数。	

如果制造商没有规定最大过电流保护，SPD 应通以1.1倍额定负载电流1 h, 或至内部的脱离器动作。如果在1h 内没有脱离器动作，则每小时将先前的试验电流增加至1.1倍继续试验，直至内部脱离器动作。

合格判据如下：

- a) 任何内部脱离器动作：应符合表4中C、H、I、J和M;
- b) 没有内部脱离器动作：应符合表4中C、D、E和I。

此外，试验过程中，在正常使用下可触及表面的温升不应超过附录 H中描述的值。

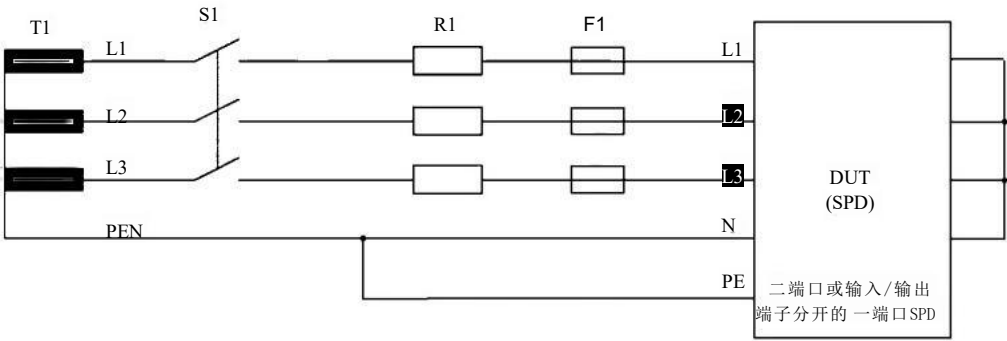
8.7.1.3 负载侧短路特性试验

该试验适用于所有 SPD, 分类为户外使用和安装在不宜触及处的 SPD 和仅连接至TT 和/或 TN 系统中N-PE 的 SPD 除外。

不短路任何元件重复8.4.5.3 (8.4.5.3.2除外) 的试验配置和试验程序，但用8.5.2中规定的最大截面积且长度为500 mm 的短路导体连接至SPD 的下列输出端子：

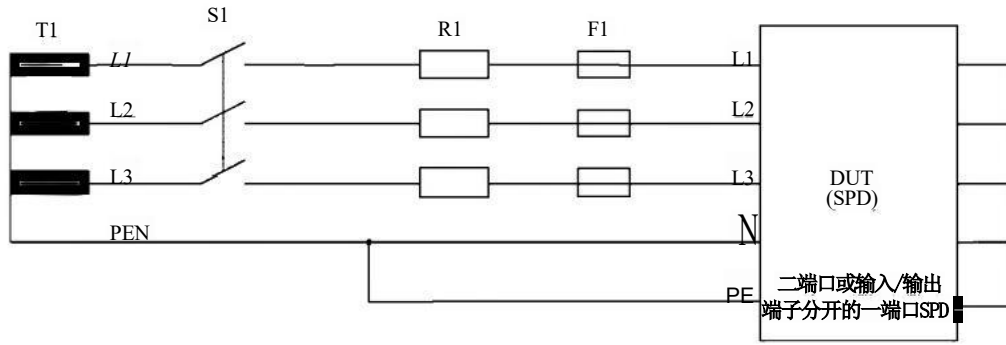
- 短路导体连接负载侧所有的相端子和中性线端子(如适用时)；
- 短路导体连接负载侧的所有端子。

图21给出了相应的试验电路示例。



a) 负载侧所有相端子和中性线端子短路的测试

图21 负载侧短路电流试验的试验电路示例



b) 负载侧所有端子短路的测试

说明:

- S1 —— 短路同步启动的主开关;
F1 —— 制造商要求的所有脱离器, 包括根据制造商说明书推荐的最大过电流保护;
T1 —— 二次绕组电压为UREF的电源变压器;
R1 —— 调节电源预期短路电流的限流电阻;
DUT —— 被试装置。

图21 (续)

合格判据如下:

应符合表4中的合格判据 C、E、H、I、J、K、M和N,还应符合下列附加合格判据:

a) 内部脱离器动作:

- 在输出端子移除短路导体并按照图21所示电路施加UREF后, 输出端子上应没有电压;
- 在所有对应的输入相端子和输出相端子间施加2倍Uc 的工频电压1 min, 不应有超过0.5 mA 的电流。

b) 没有内部脱离器动作:

- 应符合表4中合格判据 D。

8.7.2 户外型 SPD 的环境试验

参见附录E。

8.7.3 分开隔离电路的SPD

基于制造商的声明并根据8.4.6和8.4.7测试分开隔离电路的隔离性和介电强度。

8.7.4 短路型 SPD

8.7.4.1 概述

对这类 SPD, 根据8.7.4.2进行一次短路预处理试验, 接着进行根据8.7.4.3的电涌耐受试验和根据8.7.4.4的短路电流特性试验。

8.7.4.2 特性转换过程(预处理试验)

对不带电的SPD 施加一个正极性的冲击 I_{ras}, 将 SPD 的特性转换成内部短路。试验后, 应进行适当的测量以检查内部短路。

8.7.4.3 电涌耐受试验(在短路状态下)

对不带电的SPD 施加一个正极性的冲击 I_{rans} 。

合格判据如下：

应符合表4中的合格判据C、I和M。

8.7.4.4 短路电流特性试验(在短路状态下)

试验根据8.4.5.3进行，8.4.5.3.2 除外，但不需要进行任何试品准备。

合格判据如下：

应符合表4中的合格判据 C、H、I、J、K、M和N。

8.8 制造商声明的特殊性能的附加试验

8.8.1 多极SPD 的总放电电流试验

8.8.1.1 试验要求

试验发生器的一端连接至多极 SPD 的 PE 或 PEN 端子。其余的每个端子通过一个串联的典型的阻抗(由一个30 mΩ 的电阻和一个25 μ H 的电感组成)连接至发生器的另外一端。

注1:该阻抗模拟与电源系统的连接，且不可因测量系统而增加，例如分流器。

注2:本试验的配置不代表所有系统的配置。特殊的配置或应用可能要求其他的试验程序。

如果满足表21均衡电涌电流的误差，可使用较小的阻抗。

注3:均衡电涌电流是总放电电流除以N,N 表示带电端子(相线和中性线)的数量。

表 2 1 均衡电涌电流的误差

试验类别	均衡电流和误差	
I类试验	$I_{\text{imp}}(1)=I_{\text{imp}}(2)=I_{\text{imp}}N=I_{\text{imp}}/N$	±10%
	$Q_1=Q(2=Q=Q_a)/N$	-10/+20%
	$W/R_n=W/R(2)=W/R_{cs}=W/R_u/N^2$	-10/+45%
II类试验	$I_g/20(1)=I_g/20(2)=I_s:20CN)=I_{\text{oual}}/N$	±10%

8.8.1.2 试验程序

多极 SPD 应采用制造商声明的总放电电流 I_{toua} 进行一次试验。

8.8.1.3 合格判据

应符合表4中的合格判据B、C、D、E、G、I和M。

8.8.2 确定电压降试验

在输入端施加电压 U_c ，并应恒定在-5%内。试验时应使额定负载电流流过阻性负载，应同时在连接负载时测量输入和输出电压。使用公式(2)确定电压降：

$$\Delta U \% = \left[\frac{(U_{\text{输入}} - U_{\text{输出}})}{U_{\text{输出}}} \right] \times 100 \% \dots\dots\dots (2)$$

式中:

U_{输入}——输入电压,单位为伏(V);

U_{输出}——输出电压,单位为伏(V)。

上述电压是在满额定阻性负载下同时测量。该参数仅适用于二端口 SPD。

如果可得到类似结果,也允许使用其他的测量技术。

合格判据如下:

应记录该值并符合制造商的声明。

8.8.3 负载侧电涌耐受能力

对本试验进行:

——15次8/20电流冲击;

——15次开路电压为 U_{oc}的复合波冲击。

对试品的输出端口施加等于制造商规定的负载侧电涌耐受能力值的冲击,冲击分成3组,每组5次。用标称电流至少为5A 的电源对 SPD 施加U_c。每次冲击应与电源频率同步,同步角应从0° 角开始,应以30° ±5° 的间隔逐级增加。

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

整个试验过程中,试品应施加电压。应记录输出端子上的电压。

合格判据如下:

应符合表4中的合格判据 A、B、C、D、E、F 和 G。

8.8.4 电压升高率du/dt 的测量

试验在不带电的二端口 SPD 上进行,输出端连接阻性负载,该阻性负载使在U_{REF}下产生等于0.1 倍额定负载电流 I_n 的电流。满足8.2.5要求的复合波发生器连接到二端口 SPD 的输入端。

注1:在试验过程中,不施加工频电源。

发生器设定为6 kV 的 U_{oc},从而产生约为5 kV/μs 的开路电压上升率 du/dt。示波器连接到二端口 SPD 的输出端,记录施加冲击时得到的波形。

测量结果波形上升沿在t_{g0} 和 t₃ 处的电压差和时间差来确定最大电压上升率。

注2: t_{g0}和t₃ 是波形上升沿90%和30%处的点。

考虑到波头处的震荡,本试验应进行5次并记录最大 du/dt。

合格判据如下:

应记录最大的电压上升率,并且应满足制造商的声明值。

9 例行试验和验收试验

9.1 例行试验

应进行适当的试验来验证 SPD 能满足其性能要求。制造商应规定试验方法。

9.2 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：

- a) 按7.1.1的规定，验证标识；
- b) 按8.3的规定，验证标志；
- c) 验证电气参数(例如8.4.3的测量限制电压或附录J 的基础限制电压试验)。

附 录 A
(资料性附录)

本部分与IEC61643-11:2011 相比的结构变化情况

本部分与 IEC61643-11:2011 相比在结构上有较多调整，具体章条编号对照情况见表A.1。

表 A.1 本部分与IEC61643-11:2011 的章条编号对照情况

本部分章条编号	对应的IEC标准章条编号
引言	引言
1~3	1~3
3.1	3.1
3.1.1~3.1.48	3.1.1~3.1.48
3.2	3.2
4	4
4.1~4.5	4.1~4.5
5	5
5.1	5.1
—	5.1.1、5.1.2
5.2	5.2
—	5.2.1~5.2.3
5.3~5.6	5.3~5.6
—	5.6.1、5.6.2
5.7、5.7.1	5.7、5.7.1
—	5.7.1.1~5.7.1.3
5.7.2	5.7.2
—	5.7.2.1~5.7.2.3
6	6
6.1~6.5	6.1~6.5
7	7
7.1~7.2.8	7.1~7.2.8
7.2.8.1	—
7.2.8.2、7.2.8.3	7.2.8.1、7.2.8.2
7.3~7.3.3	7.3~7.3.3
7.3.3.1	—

表 A.1 (续)

本部分章条编号	对应的IEC标准章条编号
7.3.3.2~7.3.3.7	7.3.3.1~7.3.3.6
7.3.4、7.3.5	7.3.4、7.3.5
7.4	7.4
7.4.1	—
7.4.2~7.4.6.2	7.4.1~7.4.5.2
7.5~7.6.1.1	7.5~7.6.1.1
7.6.1.2、7.6.1.3	—
7.6.2~7.6.2.3	7.6.2~7.6.2.3
8	8
8.1	—
8.2~8.2.4	8.1~8.1.4
8.2.5	8.1.5
8.2.5.1	—
8.2.5.2	8.1.5.1
8.3~8.4.3	8.2~8.3.3
8.4.3.1	—
8.4.3.2~8.4.3.5	8.3.3.1~8.3.3.4
8.4.4	8.3.4
8.4.4.1	—
8.4.4.2~8.4.4.7	8.3.4.1~8.3.4.6
8.4.5~8.4.5.3	8.3.5~8.3.5.3
8.4.5.3.1	
—	8.3.5.3.1
8.4.5.3.2	8.3.5.3.2
8.4.6~8.5.2	8.3.6~8.4.2
8.5.2.1	—
8.5.2.2~8.5.2.6.1	8.4.2.1~8.4.2.5.1
8.5.3~8.7.4	8.4.4~8.6.4
8.7.4.1	—
8.7.4.2~8.7.4.4	8.6.4.1~8.6.4.3
8.8~8.8.4	8.7~8.7.4

表 A.1（续）

本部分章条编号	对应的IEC标准章条编号
9～9.2	9～9.2
附录A	—
附录B	附录A
附录C	附录B
附录D	附录C
附录E	附录F
附录F	—
附录G	附录D
附录H	附录E
附录I	附录G
附录J	—

附 录 B

(规范性附录)

SPD 的参考试验电压 U_{REF}

参考试验电压取决于SPD 根据制造商提供的安装说明在低压配电系统中预期的应用，见表B.1。

- 低压系统的类型(TN 系统，TT 系统和 IT 系统)；
- 预期的连接(相线对中性线，相线对地，中性线对地)；
- 标称交流系统电压和最大允许工作波动。

表 B.1 参考试验电压 U_{REF}

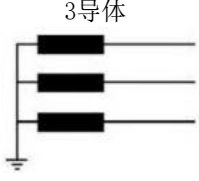
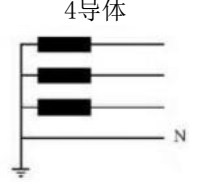
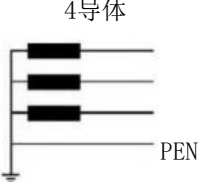
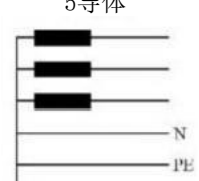
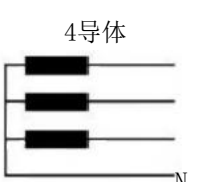
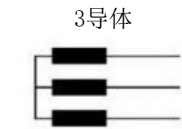
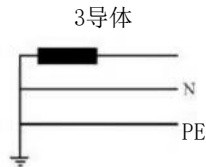
配电系统		标称交流 系统电压 L-PE/L-L	配电系统的最大 预期电压波动 (+%)	参考试验电压 U_{REF}/V (取决于保护模式)			
				L-N (PEN)	L-PE	L-L	N-PE
无地线和中 性线的 三相TT系统		230/400	10	—	255	440	—
有中性线的 三相TT系统		230/400	10	255	255	440	255
有PEN线的 三相TN-C系统		230/400	10	255	255	440	
有地线和中 性线的三相 TN-S系统		230/400	10	255	255	440	255
有中性线的 三相IT系统		230/400	10	255	440	440	255

表 B.1（续）

配电系统		标称交流 系统电压 L-PE/L-L	配电系统的最大 预期电压波动 (+%)	参考试验电压UREF/V (取决于保护模式)			
				L-N (PEN)	L-PE	L-L	N-PE
无中性线的 三相IT系统		—/230	10		255	255	
单相TN-S 系统		230/-	10	255	255	—	255
注：如果对于某些应用需要更高的电压波动(如+15%), 依据制造商和用户的特别协议。							

附录 C
(规范性附录)
TOV 等级

C.1 概述

试验程序取决于 SPD 根据制造商提供的安装说明书在低压配电系统中预期的应用。
对于 GB/T 16895 系列标准定义的系统，表 C.1 给出了 TOV 值。

表 C.1 符合 GB/T 16895 系列标准的系统的 TOV 试验值

使用模式	TOV试验参数		
SPD连接至：	1T=5s (用户装置内的 低压系统故障) (7.2.8.2的要求和 8.4.8.1的试验)	1T=120 min (配电系统的低压 系统故障和失零) (7.2.8.2的要求和 8.4.8.1的试验)	tT=200 ms (高压系统的故障) (7.2.8.3的要求和 8.4.8.2的试验)
	耐受模式	耐受或可接受的 安全失效模式	耐受或可接受的 安全失效模式
	TO V 试 验 值 UT / V		
TN- 系统			
连接至L- (PE) N或L-N	1. 32×UREF	√ 3×UREP	
连接至N-PE			
连接至L-L			
TT- 系统			
连接至L-PE	√ 3×UREF	1. 32×UREP	1200+UREF
连接至L-N	1. 32×UREF	√ 3×UREP	
连接至N-PE			1200
连接至L-L			
IT- 系统			
连接至L-PE			1200+UREF
连接至L-N	1. 32×UREF	√ 3×UREP	
连接至N-PE			1200+UREF
连接至L-L			
UREF:用于试验的参考试验电压，考虑到电源系统的最大电压波动(见附录B)； U ₀ :在TN或TT系统中为线电压对地的标称交流有效值；在IT系统为线导体和中性导体或专用的中间导体之间的标称交流电压，视情况而定(参见GB/T 16895.10—2010中442.1.2)； 1.32×:当电压波动不超过10%时，UREF=1.45×U ₀ 。(参见GB/T 16895.10—2010中442.5)。			

C.2 特殊配电系统的要求

对于不同于表 C.1 给出条件的特殊应用和其他特殊配电系统的要求，TOV 试验值 U_r 和试验持续时间可由制造商和用户的协议定义，取决于实际的网络配置和条件。UT 值和相应的持续时间应由 SPD 的数据表根据 7.1.1 c1) 声明。

附录 D

(规范性附录)

确定是否存在开关型元件和续流大小的试验

D.1 概述

本试验应由制造商进行,用以提供7.1.1 d1) 和/或7.1.1 d2) 要求的信息。

D.2 确定是否存在开关型(crowbar 型)元件的试验

只有当不知道 SPD 的内部设计时,才进行该试验。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。或 I_m 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的 U_{oc} 的复合波发生器。

应对 SPD 施加一次冲击(如果是二端口 SPD,应对它的输入和输出端子分别施加冲击)。

应记录 SPD 上的电压波形图(如果是二端口 SPD,应测量 SPD 输入端子间的电压)。

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。

D.3 确定续流大小的试验

预备性试验是用来确定续流的峰值是大于还是小于 500 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。试验要求如下:

- a) 试验应用另外一个试品进行。
- b) 预期短路电流 I_p 应等于 1.5 kA, 功率因数 $\cos\varphi=0.95-8.05$ 。
- c) 试品连接到一个具有正弦交流电压的工频电源。在接线端子间测量工频电压的最大值,应等于最大持续工作电压 $U_c-3\%$ 。交流电源的频率应符合 SPD 的额定频率。
- d) 应使用 8/20 冲击电流或复合波触发续流。
- e) 峰值应相当于 I 、 I_m 或 $U(x)$ 。
- f) 冲击电流的起始位置应在工频电压峰值前 60° 。其极性应与冲击电流产生时工频电压半波的极性相同。
- g) 如果在此同步点没有续流,为了确定续流是否产生,则应每滞后 10° 施加 8/20 冲击电流,以确定是否产生续流。

附 录 E
(资料性附录)
户外型 SPD 的环境试验

E.1 UV 辐射的加速老化试验

将三个完整的试品按照户外使用的方式安装并暴露在紫外线辐射(UV-B)和喷水条件下1000 h: 60℃下紫外线102 min, 65℃和65%相对湿度下紫外线并喷水18 min, 每次120min 循环500次。UV 辐射根据GB/T 16422.2的方法 A。GB/T 16422.1 和 ASTM151 应用作本试验的通用指南。

在试验过程中, 试品连接到电压为 U_c 的工频电源, 并间隔120 min 监测剩余电流(残流)。试验结束后, 根据 E.2 测试试品。

合格判据如下:

在试验过程中和试验结束后, 通过直观检查试品有无空隙, 裂痕, 电痕化和表面腐蚀。剩余电流(残流)的增加不超过10%。为了满足本部分中其他电气和机械性能的要求, 需评估电痕化、表面腐蚀和裂痕的程度以确定是否会危害产品的外壳。

E.2 浸水试验

本试验根据 IEC 60099-4:2014 的图13进行。试品应保持浸泡在容器中42 h, 容器盛有含有浓度为1 kg/m³ NaCl 的沸腾的去离子水。

注1:在试验开始时测量上述水的特性。

注2:当制造商声明密封系统的材料不能耐受沸水温度长达42 h, 试验温度(沸水)可降低至80℃(最少持续时间168 h,如1周)。

在沸腾结束时, 试品保持在容器中直到水温冷却到大约20℃±15℃, 并应保持在水中直到进行完验证试验。水浸试验结束后, 试品应进行介电试验(E.3)。

E.3 介电试验

试品应施加1000 V+2 U_c 的工频交流电压1 min 进行介电试验, 并测量泄漏电流。试验电压根据以下方法施加:

- a) 对于具有金属外壳的SPD, 含有或不含有安装支架: 电压施加在连接在一起的所有端子或外部引线和金属外壳之间。外部导线不经过内部连接(既不直接也不经过电涌保护元件)连接到外壳。如果所有的端子和外部引线直接或通过元件连接到导电外壳, 则不需进行本试验。
- b) 对于具有非导电外壳的 SPD, 含有非导电支架或不含有支架: 非导电外壳紧紧包裹在导电金属箔内, 距离任何非绝缘的引线或端子在15 mm 内。电压施加在导电金属箔和连接在一起的所有端子或外部引线之间。
- c) 对于具有非导电外壳和导电支架的 SPD: 非导电外壳紧紧包裹在导电金属箔内, 距离任何非绝缘的引线, 端子和金属安装支架在15 mm 内。电压应施加在导电金属箔和连接在一起的所有端子, 外部引线和安装支架之间。

注: 介电试验的目的是确定在喷水和水浸试验中是否产生了可导致试品吸取导电性的液体的空隙。

合格判据如下:

试验过程中测量得到的泄漏电流不超过25 mA。

E.4 温度循环试验

根据 GB/T 2423.22 进行下限为-40℃上限为100℃的5个温度循环试验。每半个循环的持续时间为3 h, 温度变化应在30 s 内完成。

合格判据如下:

在试验过程中和试验结束后, 通过直观检查试品有无空隙、裂痕、电痕化和表面腐蚀。剩余电流(残流)的增加不超过10%。为了满足本部分中其他电气和机械性能的要求, 评估电痕化、表面腐蚀和裂痕的程度以确定这些情况是否会危害产品的外壳。

E.5 抗腐蚀的验证

具有外露金属部件的SPD 需进行本试验, 并根据制造商的说明按正常使用状况进行安装。

试品的外壳需是新的并处于干净状态。试品经过以下试验:

——根据 GB/T 2423.4 的试验 Db 进行湿热循环试验, 在40℃和95%的相对湿度下进行24 h 的12次循环。

——根据 GB/T 2423.17 的试验 Ka 进行盐雾试验, 在(35±2)℃的温度下进行24 h 的14次循环。

试验后, 试品用自来水冲洗5 min, 在蒸馏水或去矿物质水中清洗, 然后摇动或用风筒去除水滴。然后将被测试品在正常工作条件下保存2 h。

合格判据如下:

通过直观检查来验证符合以下情况:

——没有生锈, 裂痕或其他变质的迹象。但是, 任何保护层的表面劣化是允许的。如果有疑义, 参考 GB/T 30789.3 来验证这些试品与样本 Ril 一致;

——密封没有被破坏;

——任何可移动的部件(脱离器)的动作不需要非正常的力。

附 录 F

(资料性附录)

振动和冲击试验

F.1 一般要求

本附录给出了如果制造商声明振动和冲击条件性能的信息。

F.2 振动和冲击试验

F.2.1 一般要求

振动和冲击试验可依据以下标准进行：

- GB/T2423.10 电工电子产品环境试验第2部分：试验方法试验Fc：振动（正弦）；
- GB/T 2423.56电工电子产品环境试验第2部分：试验方法试验Fh：宽带随机振动（数字控制）和导则；
- GB/T 2423.5电工电子产品环境试验第2部分：试验方法试验Ea和导则：冲击。

F.2.2 运输

通常SPD 在包装中的机械应力是由于运输，根据IEC 60721-3-2振动和冲击的试验来验证。

F.2.3 特殊应用

SPD 的特殊应用可能要求在其自身附加振动和冲击试验，典型值可在IEC 60721-3-3中找到，典型值由表F.1 给出。

表 F.1 各种环境的典型振动和冲击试验参数

环境	IEC 60721-3-3参考值	正弦振动	冲击	随机振动
商业建筑	3M3	0.75 mm 0.2g FT8 1 Hz~150 Hz 5个循环	5g6ms	N/A
工业	3M4	3.5 mm 1g FT 8.6 1 Hz~150 Hz 10个循环	15g6ms	15g6ms 100/axe/sens
重工业	3M5	3.5 mm 1g FT 8.6 1 Hz~150 Hz 10个循环	30 g6 ms	25g6ms 100/axe/sens
坚硬	3M6	7.5mm 2g FT 8 1 Hz~150 Hz 10个循环	30g6ms	25g6ms 100/axe/sens

表 F.1（续）

环境	IEC 60721-3-3参考值	正弦振动	冲击	随机振动
极端的	3M8	15 mm 5g FT 9 1 Hz~150 Hz 5个循环	30g6ms	25g6ms 100/axe/sens

此外，其他的应用例如铁路可在相应标准或直接从应用中有不同的参数要求。例如，GB/T 21561 系列给出了铁路的振动和冲击试验参数要求。

在正弦和随机振动试验中(如有要求)，试品连接至短路电流能力至少为5A 的 Ue 电源上。

F.3 合格判据

符合表4中的合格判据C、D、E、G 和 I。

附 录 G
(规范性附录)
简化试验程序

本程序为用以符合性验证的送样数量和应实施的试验程序。

如果产品已经根据GB/T 18802.1—2011测试合格，可采用表G.1 的简化试验程序。

对于新的产品，需要根据第7章和表3进行完整的型式试验。

表 G.1 符合GB/T 18802.1—2011 的 SPD 的简化试验程序

试验系列	试验项目	章条号	是否要求试验
1	标识和标志	7.1.1/7.1.2/8.3	是
	安装	7.3.1	否
	接线端子和连接	7.3.2/7.3.3/8.5.2	否
	防直接接触试验	7.2.1/8.4.1	否
	环境，IP代码	7.4.2/8.6.1	否
	剩余电流(残流)	7.2.2/8.4.2	是
	动作负载试验	7.2.4/8.4.4	否
	I类、II类、III类动作负载试验	8.4.4.3/8.4.4.4/8.4.4.6	否
	I类试验的附加动作负载试验	8.4.4.5	否
	热稳定性试验	7.2.5.2/8.4.5.2	是
	电气间隙和爬电距离	7.3.4/8.5.3	是
	球压试验	7.4.3/8.6.3	否
	耐非正常热和火	7.4.4/8.6.4	否
	耐电痕化	7.4.5/8.6.5	否
2	电压保护水平	7.2.3/8.4.3	否
	残压	8.4.3.2	否
	波前放电电压	8.4.3.3	否
	用复合波测限制电压	8.4.3.4	否
2a	见下一仅适用时		
2b	见下一仅适用时		
3	绝缘电阻	7.2.6/8.4.6	否
	介电强度	7.2.7/8.4.7	否
3a	见下一仅适用时		
	机械强度	7.3.5/8.5.4	否
	耐温试验	7.2.5/8.4.5.1	否
3b	见下一仅适用时		
3c	见下一仅适用时		

表 G.1 (续)

试验系列	试验项目	章条号	是否要求试验
4"	耐热试验	7.4.3/8.6.2	否
	T O V 试 验	7.2.8/8.4.8	是
	低压系统故障引起的TOV	7.2.8.2/8.4.8.1	是
	高(中)压系统故障引起的TOV	7.2.8.3/8.4.8.2	是
5°	短路电流特性试验	7.2.5.3/8.4.5.3	是
3c"	额定负载电流	7.5.1.1/8.7.1.1	是
	过载特性	7.5.1.2/8.7.1.2	是
2b	负载侧短路电流特性	7.5.1.3/8.7.1.3	是
3b	电压降	7.6.2.1/8.8.2	否
2a	负载侧电涌耐受	7.6.2.2/8.8.3	是
6	多极SPD的总放电电流试验	7.6.1.1/8.8.1	是
7	户外型SPD的环境试验	7.5.2/8.7.2	是
3a	分开电路的隔离性	7.5.3/8.4.6 /8.4.7	否
8	特性转换过程(预处理试验)	7.5.4/8.7.4	是
	电涌耐受试验(在短路状态下)	7.5.4/8.7.4	是
	短路电流特性试验(在短路状态下)	7.5.4/8.7.4	是
对于本试验系列,可能会用到多于一组的试品。 6对于整个动作负载试验(包括附加负载试验,如果适用时),可用到一组独立的试品。			

附录 H

(资料性附录)

高(中)压系统故障引起 TOV 下 SPD 试验的可选电路

高(中)压系统故障引起 TOV 下 SPD 试验的可选电路见图 H.1。

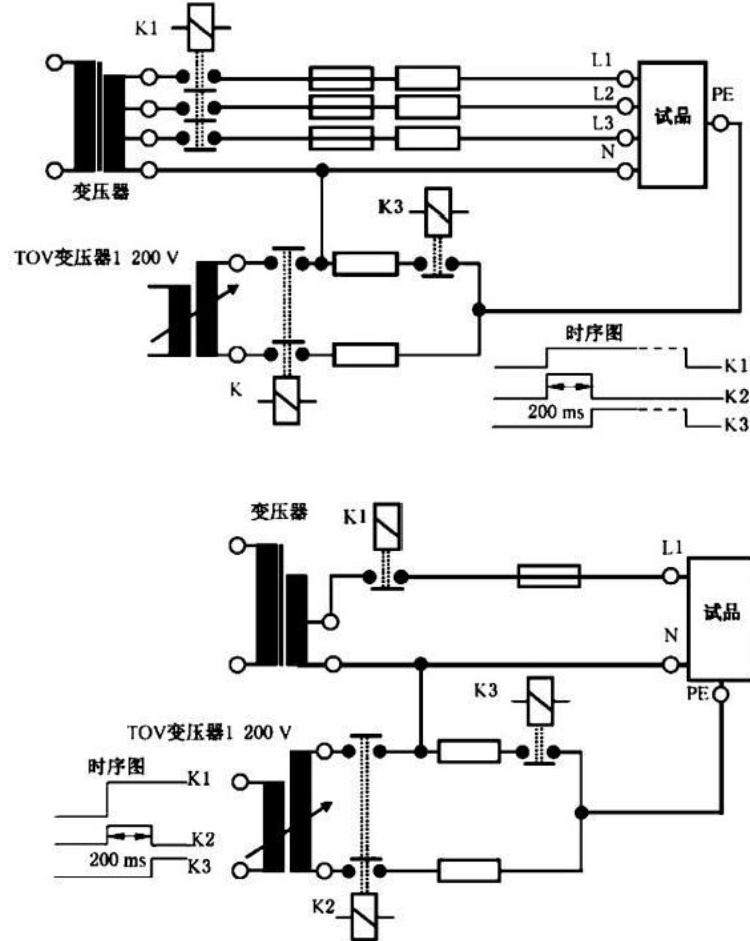


图 H.1 用于高(中)压系统故障引起 TOV 下用于 TT 系统 SPD 试验的三相和单相电路的示例

附 录 I
(规范性附录)
温升限值

温升限制要求见表I.1。

表 I.1 温升限值

SPD的部位	温升/K
内部元器件	满足单个元器件的相关产品标准的要求，或满足元器件制造商的声明 ^a ，考虑到SPD内的温度
外部绝缘处理过的导体的端子	70b
汇流排和导体，连接汇流排的可移除或可更换部件的插入式接触体	受限于： ——导体材料的机械强度” ——对附近设备可能发生的影响 ——接触导体的绝缘材料的允许温度限 ——导体温度对与其连接的设备的影响 ——对于插入式接触，接触材料的自然处理和表面处理
手动操作手段 — 金 属 的 —— 绝缘材料的	15 25
可触及的外壳和盖子 — 金属表面 — 绝缘表面	30 404
插头和插座连接的离散分布	取决于它们构成某部分的相关设备的那些元器件的限制
术语“内部元器件”指： ——常规的开关设备和控制设备； ——电子部件(如整流桥、印刷电路)； ——设备的一部分(如调压器、电源稳压单元、运算放大器)。 在安装条件下使用或测试的SPD可能有连接。此时连接的类型、性质和处置和试验采用的不相同，因此可能导致端子上有不同的温升。当内部元器件的端子也是外部经过绝缘处理的导体的端子，可采用对应的温升限值的较低值。 手动操作指只有被打开之后才可触及的SPD的内部，例如不经常操作的拉出式手柄，在这些温升限制值上可允许有25 K的提高。 除非有其他规定，对于可被接触到但是在正常使用下不必被触摸的盖子和外壳，在温升限制上允许有10K的提高。 在设备方面(如电子装置)允许有灵活度，其温升限制不同于开关设备和控制设备。 对于根据8.7.1.1进行的温升试验，温升限值由制造商规定。 假设其他的判据都已经符合，裸铜汇流排和导体不可超过105K的最大温升。这105K与铜发生退火后的温度有关。	

附 录 J
(资料性附录)
基础限制电压试验

J.1 一般要求

对于 II 类试验的 SPD 施加 $8/20\ \mu\text{s}$ 和峰值为 $3+20\%$ kA 的冲击电流时,在 SPD 接线端子间测得的最大电压峰值称为基础限制电压,用 U_B 表示。该限制电压可作为 SPD 验收试验(交收试验)时的验收依据。

注:制造商需声明 II 类试验 SPD 的基础限制电压值 U_g 作为验收试验(交收试验)的依据。对于 I 类试验和 III 类试验的 SPD,暂不规定基础限制电压 U_B 。

J.2 基础限制电压 U_s 的测量

基础限制电压的试验程序和测量方法按 8.4.3.2 的要求,但仅施加峰值为 $3+20\%$ kA 的 $8/20$ 冲击电流进行试验,正、负极性各 1 次,每次冲击的时间间隔足以使试品冷却到环境温度,但最长不超过 5 min。记录每次冲击的电流和电压波形,测量得到的最大电压值即为基础限制电压。

J.3 合格判据

符合表 4 中的合格判据 B,C,I 和 M,测得的基础限制电压不超过制造商声明的基础限制电压 U_B 。

参 考 文 献

- [1] GB/T 2423.4-2008 电工电子产品环境试验 第2部分: 试验方法 试验 Db: 交变湿热 (12h+12h 循环)(IEC 60068-2-30:2005,IDT)
- [2] GB/T 2423.17—2008 电工电子产品环境试验 第2部分: 试验方法试验Ka: 盐雾(IEC 60068-2-11:1981,IDT)
- [3] 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)
- [4] GB/T2900.83—2008 电工术语 电的和磁的器件(IEC 60050-151:2001,IDT)
- [5] GB/T 3398.2—2008 塑料 硬度测定 第2部分: 洛氏硬度(ISO 2039-2:1987,IDT)
- [6] 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)
- [7] GB/T 16422.2—2014 塑料 实验室光源暴露试验方法 第2部分: 氙弧灯(ISO 4892-2:2006,IDT)
- [8] GB/T 16422.3—2014 塑料 实验室光源暴露试验方法 第3部分: 荧光紫外灯(ISO 4892-3:2006,IDT)
- [9] GB/T 16895.18—2010 建筑物电气装置 第5-51部分: 电气设备的选择和安装通用规则(IEC 60364-5-51:2005,IDT)
- [10] GB 16895.21—2011 低压电气装置 第4-41部分: 安全防护 电击防护(IEC 60364-4-41:2005,IDT)
- [11] GB/T 16895.22—2004 建筑物电气装置 第5-53部分: 电气设备的选择和安装-隔离、开关和控制设备第534节: 过电压保护电器(IEC 60364-5-53:2001,IDT)
- [12] GB/T 16927.2—2013 高压试验技术 第2部分: 测量系统(IEC 60060-2:2010,IDT)
- [13] GB/T 17625(所有部分) 电磁兼容[IEC 61000(所有部分)]
- [14] GB/T 17799.1 电磁兼容 通用标准 居住、商业和轻工业环境中的抗扰度
- [15] GB/T 18802.12 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(IEC 61643-12:2008,IDT)
- [16] GB/T 18802.31 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
- [17] GB/T 21714(所有部分) 雷电防护(IEC 62305,IDT)
- [18] GB/T 30789.3 色漆和清漆 涂层老化的评价 缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识 第3部分: 生锈等级的评定
- [19] NB/T 31059 风力发电机组双馈异步发电机用瞬态过电压抑制器
- [20] IEC60038:2009 EC standard voltages
- [21] IEC 60099-4 Surge arresters—Part 4:Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c.systems
- [22] IEC 60320 Appliance couplers for household and similar general purposes
- [23] IEC 60884-1 Plugs and socket-outlets for household and similar purposes—Part1:General requirements

GB/T 18802.11—2020

- [24] IEC 60721-3-3 Classification of environmental conditions—Part 3-3:Classification of groups of environmental parameters and their severities—Stationary use at weatherprotected locations
- [25] IEC60947-1 Low-voltage switchgear and controlgear—Part 1:General rules
- [26] IEC60947-5-1:2016 Low-voltage switchgear and controlgear—Part 5-1:Control circuit devices and switching elements—Electromechanical control circuit devices
- [27] IEC 60950-1 Information technology equipment—Safety—Part 1:General requirements
- [28] IEC 61008-1 Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses(RCCBs)—Part 1:General rules
- [29] IEC61643-1:2005 Low-voltage surge protective devices—Part 11:Surge protective devices connected to Low-voltage power distribution systems-Performance requirements and testing methods
- [30] IEEE C62.45 IEEE Guide on surge testing for equipment connected to low-voltage AC power circuits
- [31] ASTM 151 Ultra Violet radiation test methods
-



GB/T 18802.11-2020

版权专有 侵权必究

英

书号: 155066 • 1-66379