



中华人民共和国气象行业标准

QX 10.1—2002

电涌保护器 第 1 部分：性能要求和试验方法

Surge protective devices—
Part 1: Performance requirements and testing methods

2002-07-10 发布

2002-12-01 实施

中国气象局 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 要求	9
4.1 总则	9
4.2 使用条件要求	9
4.2.1 正常使用条件	9
4.2.2 非正常使用条件	10
4.3 产品要求	10
4.3.1 标志、铭牌、使用说明书要求	10
4.3.2 电气性能要求	10
4.3.3 机械性能要求	13
4.3.4 工作环境要求	15
4.3.5 安全要求	15
4.3.6 特殊 SPD 的附加要求	16
4.4 标准额定值	17
4.4.1 连接至低压配电系统的 SPD	17
4.4.2 连接至电信和信号网络的 SPD	18
5 分类和命名	18
5.1 SPD 的分类,	18
5.1.1 连接至低压配电系统的 SPD 分类见表 3	18
5.1.2 连接至电信和信号网络的 SPD 分类见表 4	19
5.2 SPD 的命名	20
6 试验方法	20
6.1 试验规则	20
6.2 试验程序	21
6.3 型式试验	21
6.3.1 标志、铭牌、使用说明书	23
6.3.2 电气性能试验	23
6.3.3 机械性能试验	46
6.3.4 工作环境要求试验	52
6.3.5 安全要求试验	52
6.3.6 特殊 SPD 的附加试验	54
6.4 例行试验和验收试验	65
6.4.1 例行试验	65
6.4.2 验收试验	65

7 标志、铭牌、使用说明书·····	65
7.1 信息内容·····	65
7.2 铭牌·····	66
8 包装、运输、贮存·····	66
8.1 包装·····	66
8.2 随产品提供的技术文件·····	66
8.3 运输和贮存·····	66
附录 A(规范性附录) I 级分类试验 SPD 的 I_{peak} 的选择 ·····	67
附录 B(规范性附录) 外壳防护等级(IP 代码) ·····	69
附录 C(规范性附录) 连接端子的结构 ·····	71
附录 D(资料性附录) 连接至低压配电系统的 SPD 设计拓朴 ·····	76
附录 E(规范性附录) 电气间隙和爬电距离测量方法 ·····	78
附录 F(规范性附录) 污染等级的划分 ·····	81
附录 G(规范性附录) 暂时过电压(TOV)试验值 ·····	82
附录 H(规范性附录) 本规范用词说明 ·····	83

前 言

QX 10《电涌保护器》分为三个部分：

- 第1部分：性能要求和试验方法；
- 第2部分：连接至低压配电系统的电涌保护器的选择和使用原则；
- 第3部分：连接至电信和信号网络的电涌保护器的选择和使用原则。

本部分为 QX 10 的第 1 部分。

本部分修改采用了 IEC 61643-1/Ed 1.1《连接至低压配电系统的电涌保护器 第1部分：性能要求和试验方法》(2002 年英文版)和 IEC 61643-21/Ed 1.0《连接至电信网络和信号网络的电涌保护器 第21部分：性能要求和试验方法》(2000 年英文版)的规范性技术要素内容。本部分与上述两个 IEC 标准的一致性程度为非等效，主要差异如下：

- 按照汉语习惯对一些编排格式进行了修改；
- 将一些国际标准的表述按中华人民共和国国家标准规定标准的结构和编写规则进行了修改；
- 补充了一些 IEC、ITU、IEEE 和 GB 标准中的相关内容，这些补充内容可见本部分第 2 章“规范性引用文件”；
- 将 IEC 61643-1/Ed 1.1 和 IEC 61643-21/Ed 1.0 中内容一致的条文进行了合并处理；
- 增加了第 8 章“包装、运输、贮存”。

本部分的附录 A、附录 B、附录 C、附录 E、附录 F、附录 G、附录 H 为规范性附录，附录 D 为资料性附录。

本部分由中国气象局提出并归口。

本部分起草单位：北京市气象局、广东省气象局、上海市气象局、四川省气象局、山东省气象局、浙江省气象局、湖北省气象局、重庆市气象局、宁波市气象局、中国华云技术开发总公司。

本部分主要起草人：关象石、余乃枰、蔡振新、杨少杰、刘寿先、赵连义、胡春良、匡本贺、李良福、周伟军、杨维林、丁海芳、陈善敏、曹和生。

引 言

GB 50057—1994(2000)《建筑物防雷设计规范(2000 年版)》对用于防雷击电磁脉冲的电涌保护器作了定义和选择使用的技术规定。依据《中华人民共和国气象法》第三十一条中“安装的雷电灾害防护装置应当符合国务院气象主管机构规定的使用要求”的法规,由国务院气象主管机构提出并归口 QX 10—2002 的本部分。

按照《中华人民共和国标准化法》第四条“国家鼓励积极采用国际标准”的法规和国务院“要密切跟踪国际标准和国外先进标准,及时修订国家标准”的要求,我们修改采用了 IEC、ITU、IEEE 相关标准而编写本部分。

通过修改采用国际标准,使我国用于低压配电系统和信息系统的 SPD 有了较系统的产品标准,因此能尽可能协调适用于低压配电系统和电信、信号网络的电涌保护器性能要求,使在相应范围内的电涌保护器的性能要求和试验获得一致,避免根据不同的标准进行重复试验。同时,因修改采用了国际标准,能适应国际间贸易,技术的交流。

雷电灾害防护装置可简称为防雷装置,由接闪器、引下线、接地装置、电涌保护器及其他连接导体组成。本部分仅规定防雷装置中电涌保护器的性能要求和试验方法,QX 10 的其他部分和有关标准将在今后陆续制订。

本部分在实施过程中,如发现需要修改或补充之处,请将意见及有关资料寄中国气象局监测网络司(北京市海淀区中关村南大街 46 号,邮编 100081),以便以后修订时参考。

电涌保护器

第 1 部分:性能要求和试验方法

1 范围

QX10.1 的本部分规定了电涌保护器的性能要求和试验方法。

本部分适用于连接至低压配电系统和连接至电信及信号网络的电涌保护器。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 QX 10—2002 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修正版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

- GB 2099.1—1996 家用和类似用途插头插座 第 1 部分 通用要求(eqv IEC 60884-1:1994)
- GB/T 4207—1984 固体绝缘材料在潮湿条件下相比漏电起痕指数和耐漏电起痕指数的测定方法(eqv IEC 60112:1979)
- GB 4208—1993 外壳防护等级(IP 代码)(eqv IEC 60529:1989)
- GB/T 4942.2—1993 低压电器外壳防护等级
- GB 4943—2001 信息技术设备的安全(idt IEC 60950:1999)
- GB 5013.1~5013.7—1997 额定电压 450/750 V 及以下橡皮绝缘电缆(idt IEC 60245:1994)
- GB 5023.1~5023.7—1997 额定电压 450/750 V 及以下聚氯乙烯绝缘电缆(idt IEC 60227:1995)
- GB/T 5169.11—1997 电工电子产品着火危险试验 试验方法 成品的灼热丝试验和导则(idt IEC 60695-2-1/1:1994)
- GB 10963—1999 家用及类似场所用过电流保护断路器(idt IEC 60898:1995)
- GB/T 14048.1—2000 低压开关设备和控制设备 总则(eqv IEC 60947-1:1999)
- GB 14048.5—2001 低压开关设备和控制设备 控制电路电器和开关元件 第 1 部分 机电式控制电路电器(idt IEC 60947-5-1:1990)
- GB 16895.11—2001 建筑物电气装置 第 4 部分:安全防护 第 44 章:过电压保护 第 442 节:低压电气装置对暂时过电压和高压系统与地之间的故障的防护(idt IEC 60364-4-442:1993)
- GB 16895.12—2001 建筑物电气装置 第 4 部分:安全防护 第 44 章:过电压保护 第 443 节:大气过电压或操作过电压保护(idt IEC 60364-4-443:1995)
- GB/T 16927.1—1997 高电压试验技术 第 1 部分:一般试验要求(eqv IEC 60060-1:1989)
- GB 17464—1998 连接器件 连接铜导线用的螺纹型和无螺纹型夹紧件的安全要求(idt IEC 60999:1990)
- GB/T 16896.1—1997 高电压冲击试验用数字记录仪 第 1 部分:对数字记录仪的要求(eqv IEC 61083-1:1991)
- GB/T 16935.1—1997 低压系统内设备的绝缘配合 第 1 部分:原理、要求和试验(idt IEC 60664-1:1992)
- GB/T 17626.5—1999 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验(idt IEC 61000-4-

QX 10.1—2002

5:1995)

GB/T 17627.1—1998 低压电气设备的高电压试验技术 第1部分:定义和试验要求(eqv IEC 61180-1:1992)

GB 50054—1995 低压配电设计规范

GB 50057—1994(2000) 建筑物防雷设计规范(2000年版)

IEC 60050(702):1992 国际电工词汇 第702章:电波、信号和相关装置

IEC 60050(726):1982 国际电工词汇 第726章:传输

IEC 60364-5-534:1997 建筑物电气装置 第5部分:电气设备的选择和安装 第53章 开关设备和控制设备 第534节 过电压保护器件

IEC 61024-1:1990 建筑物防雷 第1部分:通则

IEC 61312-1:1995 雷击电磁脉冲的防护 第1部分:通则

IEC 61643-1:2002 连接至低压配电系统的电涌保护器 第1部分:性能要求和试验方法

IEC 61643-12:2002 连接至低压配电系统的电涌保护器 第12部分:选择和使用原理

IEC 61643-21/Ed 1.0:2000 连接至电信和信号网络的电涌保护器 第21部分:性能要求和试验方法

IEC 61663-1/Ed 1.0:1999 通信线路防雷 第1部分:光纤装置

IEC 61663-2/Ed 1.0:2001 通信线路防雷 第2部分:金属线路

ITU-TK.17:1988 为检验防外界干扰的装置在固体器件远供中断器上的试验

ITU-TK.30:1993 正温度系数(PTC)热敏电阻

ITU-TK.36:1996 保护元件的选择

IEEE Std C62.36:2000 用于低压数据、通信和信号线路的电涌保护器测试方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于 QX 10—2002 的本部分。

3.1

电涌保护器(SPD) surge protective device SPD

用于限制瞬态过电压和分走电涌电流的器件,它至少含有一个非线性元件。

3.2

限压 voltage limiting

在线 SPD 将所有超过预定值的电压加以限制的作用。

3.3

限流 current limiting

至少含一个非线性限流元件的在线 SPD 将所有超过预定值的电流加以限制的作用。

3.4

无串联阻抗的 SPD(一个端口的 SPD) SPD without impedance in series(one-port SPD)

与被保护低压配电系统电路并联连接,在输入端和输出端之间没有附加的串联阻抗的 SPD(又称单口 SPD)。

3.5

具有串联阻抗的 SPD(两个端口的 SPD) SPD with impedance in series (two-port SPD)

具有两组输入和输出接线端子的 SPD,并联接入低压配电系统电路中,在输入端和输出端之间有附加的串联阻抗(又称双口 SPD)。

3.6

无限流元件的 SPD SPD without current limiting component

连接至电信和信号网络中,有一个或数个用于限制过电压的元件,而无限流元件的 SPD。

3.7

具有限流元件的 SPD SPD with current limiting component

连接至电信和信号网络中,既有限制过电压的元件,又有限流元件的 SPD。

3.8

电压开关型 SPD Voltage switching type SPD

无电涌出现时在线 SPD 呈高阻状态;当线路上出现电涌电压且达到一定的值时,SPD 的阻抗突然下降变为低值的 SPD。电压开关型 SPD 常用的元件有:放电间隙、气体放电管、闸流管和三端双向可控硅元件等。有时也称这类 SPD 为“开关型”SPD。

3.9

限压型 SPD Voltage limiting type SPD

无电涌出现时在线 SPD 呈高阻状态;随着线路上的电涌电流及电压的增加,到一定值时 SPD 的阻抗连续变小的 SPD。限压型 SPD 常用的元件有压敏电阻、抑制二极管等。有时也称这类 SPD 为“箝压型”SPD。

3.10

组合型 SPD combination type SPD

由开关型元件和限压型元件组合而成的 SPD。随着施加的电压特性不同,SPD 时而呈现开关型 SPD 特性,时而呈现限压型 SPD 特性,时而同时呈现开关型和限压型特性,这取决于所施加电压的综合特性。

3.11

过电流保护 over current protection

安装在 SPD 外部前端的一种用于防止 SPD 不能阻断工频短路电流而引起发热和损坏的后备过电流保护(如熔丝、断路器)。

为保护设备免受长时间的持续过电流的损害,有时也单独串联在被保护线路中。

3.12

非恢复限流 non-resettable current limiting

有限流功能的 SPD,它只具有限制电流一次的功能。限流元件多为熔丝,热熔线圈等。

3.13

可恢复限流 resettable current limiting

有限流功能的 SPD,它具有在骚扰电流消失后手动恢复原状的功能。

3.14

自恢复限流 self-resetting current limiting

有限流功能的 SPD,它具有在骚扰电流消失后能自动恢复的功能。限流元件多为 PTC 热敏电阻、PTC 陶瓷热敏电阻或 PTC 高分子热敏电阻。

3.15

多级 SPD multi-stage SPD

多于一级保护的 SPD。这些保护级间可以有串联退耦元件也可以无串联退耦元件分隔。各级保护既可以是开关型,也可以是限压型或混合型。

注:SPD 设计拓扑见附录 D(资料性附录)。

3.16

退耦元件 decoupling elements

在被保护线路中并联接入多级 SPD 时,如果开关型 SPD 与限压型 SPD 之间的线路长度小于 10 m;限压型 SPD 之间的线路长度小于 5 m 时,为实现多级 SPD 之间的能量配合,消除盲点,应在 SPD 之间的线路上串接适当的电阻或电感,这些电阻或电感元件称为退耦元件。

注:电感多用于低压配电系统,电阻多用于信息线路中多级 SPD 之间的能量配合。

3.17

SPD 脱离器 SPD disconnecter

当 SPD 发生故障时,一个能把 SPD 同电路脱开的装置。

注:脱离器应能防止电源系统持续故障并用于显示 SPD 故障状态。除了具有脱开功能外,还可以具有过流保护或过热保护功能等。这些功能可由一个或多个装置组合在一起实现。

3.18

剩余电流保护器(RCD) residual current device RCD

在规定的条件下,当剩余电流达到给定值时便断开电路触头的开关电器或组合电器。

3.19

状态指示器 status indicator

指示 SPD 工作状态的器件

注:这些指示器应具有声或光报警,或具有遥控信号装置和输出触头等功能。

3.20

输出触头 output contact

SPD 中与主电路分开的并与 SPD 脱离器或状态指示器连接的触头。

3.21

保护模式 modes of protection

SPD 的保护元件可以连接在低压配电系统线路的相线-相线、相线-中性线、相线-保护线、中性线-保护线之间及多种方式同时连接。这些连接方式称为保护模式。一般将相线-相线之间的保护称为横向(差模)保护,相线(或中性线)-保护线之间的保护称为纵向(共模)保护。在直流配电系统中可分为正负极之间,正极与保护线之间,负极与保护线之间的保护。

3.22

最大持续运行电压 U_c maximum continuous operating voltage U_c

可以持续加在 SPD 上而不导致 SPD 动作的最大交流电压有效值或直流电压,其值等于 SPD 的额定电压。

3.23

额定电压 U_n rated voltage U_n

是生产厂对 SPD 标定的可持续加在 SPD 上的最大电压值,供用户选择使用。

3.24

标称交流电压 U_0 nominal a. c. voltage of the system U_0

低压供电系统相线对中性线的标称电压,在 220/380 V 三相系统中, $U_0=220$ V。

3.25

箝位电压 U_{as} clamping voltage U_{as}

当电涌电压使 SPD 进入箝位状态时 SPD 两端的电压值。

3.26

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

开关型 SPD 击穿放电前瞬间的最大电压值。

3.27

电压保护水平 U_p voltage protection level U_p

由生产厂提供的一个表征 SPD 限制电压的性能参数,它可从一系列的推荐选用值中选取,该值应大于或等于限制电压的最大值,低于相应位置被保护设备的最小耐冲击电压值。

3.28

实测限制电压 measured limiting voltage

在规定幅值和波形的冲击试验中,在 SPD 接线端子两端测得的最大电压幅值。

3.29

残压 U_{res} residual voltage U_{res}

当冲击电流通过 SPD 时,在 SPD 端子间呈现的电压峰值。 U_{res} 与通过 SPD 冲击电流的波形和幅值有关。

3.30

残压比 residual voltage ratio

为表征 SPD 性能,常使用残压比这一参数,残压比= U_{res}/U_{1mA} 即残压与压敏电压(通过电流为 1 mA 时的电压)之比值。残压比值越小,则 SPD 的性能愈好。

3.31

电压降(用百分比表征) voltage drop(in per cent)

用公式表示为 $\Delta U = [(U_{in} - U_{out})/U_{in}] \times 100\%$ 。其中 U_{in} 指双口 SPD 输入端电压; U_{out} 指同一时刻输出端电压,这时通过电流应为满负载额定电流。

3.32

暂时过电压(TOV)性能 temporary overvoltage (TOV) failure behaviour

连接至低压配电系统中进行纵向(共模)保护的 SPD 在 GB 16895.11 规定的高压系统对地之间故障出现暂时过电压条件下的性能。

注:暂时过电压(TOV)可能超过 SPD 的暂时过电压耐受电压。

3.33

方均根值 root-mean-square value(r. m. s)

在一个规定时间间隔内,一个波形的瞬时波幅的平方平均值取根号,是交流电的有效值。具有该值的交流电所产生的热量等于同值直流电产生的热量。该值又称有效值。

3.34

最大断路电压 maximum interrupting voltage

可以施加于 SPD 的限流元件上而不致引起 SPD 劣化的最大电压(d.c 或 a.c r.m.s)。该电压可等于也可高于 U_c ,取决于 SPD 内部限流元件的配置。

3.35

续流 I_f follow current I_f

放电电流脉冲结束瞬间,流过 SPD 的由供电电源提供的工频电流。

3.36

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

在电路中的给定位置,如果用一个抗阻可忽略的导体短路时可能流过的电流。

3.37

切断续流额定值 follow current interrupting rating

SPD 本身能切断的预期续流值。

3.38

残流 I_{res} residual current I_{res}

按 SPD 生产厂的说明进行连接,不带负载而对 SPD 施加 U_c 时,流过 SPD 的电流。

3.39

额定负载电流 I_L rated load current I_L

流经连接至低压配电系统的双口 SPD 输出端由电源提供给负载的允许最大持续交流电流有效值或直流电流。

3.40

泄漏电流 I_{le} leakage current I_{le}

除放电间隙外,SPD 在并联接入电网后所通过的微安级电流。

3.41

短路电流承受能力 short-circuit withstand

双口 SPD 能承受的最大预期短路电流值。

3.42

待机功耗 P_c standby power consumption P_c

按生产厂说明进行连接,且不带负载时,对 SPD 施加平衡电压和平衡相角的 U_c 时,SPD 所消耗的功率。

3.43

热崩溃 thermal runaway

SPD 承受的持续功率损耗超过 SPD 外壳和连接件的散热能力,引起 SPD 限压或限流元件温度升高,性能下降,最终导致损坏的过程。

3.44

热稳定 thermal stability

当进行动作负载试验时会引起 SPD 温升,在动作负载试验完成后,在规定的环境条件下对 SPD 两端施加最大持续运行电压,在一定时间内,SPD 的温度能逐渐下降,说明 SPD 具有良好的热稳定性,则称此 SPD 是热稳定的。

3.45

劣化 degradation

任何设备的工作性能偏离其预定性能的非期望偏差。当 SPD 长时间工作或处于恶劣工作环境时,或直接受雷击电涌而引起其性能下降、原始性能参数改变的现象。也称老化。

3.46

响应时间 t_a response time t_a

一个器件从输入量发生变化起到其输出量变化到终值的一个规定百分数时所需的时间。本部分中指 SPD 限制过电压和过电流的动作时间。SPD 的 t_a 除与元件特性有关外,尚与输入 SPD 输入端的电压(或电流)变化率 dU/dt (或 di/dt)相关。

3.47

盲点 blind spot

当 SPD 由多级组合而成时,如果能量配合不当,可能会出现一大于 U_c 的电涌电压区段内 SPD 不完全动作的情况,这一区段称为盲点。

3.48

绝缘电阻 R_{iso} insulation resistance R_{iso}

以规定的直流电压施加于 SPD 的用绝缘材料隔开的载流部件与壳体之间或主电路载流部件与辅助电路载流部件之间的电阻值。

3.49

外壳防护等级(IP 代码) degrees of protection provided by enclosure(IP code)

设备外壳提供的防止与内部带电危险部分接触以及外部固体、水进入内部的能力。

3.50

双口 SPD 负载端耐电涌能力 load-side surge withstand capability for a two-port SPD

双口 SPD 的输出端耐受电涌的能力。

3.51

插入损耗 insertion loss

在给定频率和负载阻抗下,连接到供电系统 SPD 的插入损耗是指试验时,插入 SPD 前后,出现在横跨干线紧靠插入点之后的电压比,单位用 dB(分贝)表示。

用于电信和信号网络的系统 SPD,插入损耗是在系统中接入 SPD 前后系统的功率之比值,单位也用 dB(分贝)表示。

3.52

推荐选用值 preferred values

标准额定值中给出了一系列推荐选用值是在各种试验中所列的参数优选值。使用该值有利于提供一种对各种同类型 SPD 之间相比较的统一标准。它为 SPD 生产厂和用户提供了一种共用的工程语言。

注:推荐选用值不能囊括所有情况,在用户有特殊要求时,可能需选用不同于该值的其他参数值。

3.53

电涌(冲击) surge(impulse)

沿线路传送的电流或电压的瞬态脉冲波。其波形特性是先快速上升后缓慢下降。

3.54

冲击波试验 impulse test

在试品上施加具有规定极性、幅值和波形的非周期瞬态冲击波的试验。

3.55

冲击电压波 voltage impulse

施加于线路、设备或试品上的瞬态电压波。其特性为电压先快速上升后继之以较缓慢的、无振荡的下降。

3.56

冲击波发生器 impulse generator

用以产生冲击电压波或电流波的试验设备。

3.57

冲击波形表示 expression of impulse waveform

冲击波用两数值的组合 T_1/T_2 来表示, T_1 表示波头时间(从 10% 峰值上升到 90% 峰值的时间), T_2 表示半峰值时间(从波头始点到波尾降至 50% 峰值的时间), 时间单位均为 μs , 记作 T_1/T_2 , 符号“/”无数学意义。其中如:

1.2/50 μs 冲击电压,其波头时间为 1.2 μs ;半峰值时间为 50 μs ;

8/20 μs 冲击电流,其波头时间为 8 μs ;半峰值时间为 20 μs ;

10/350 μs 最大冲击电流,其波头时间为 10 μs ;半峰值时间为 350 μs 。

3.58

冲击电流 I_{imp} impulse current I_{imp}

规定包括幅值电流 I_{peak} 及总电荷 Q 。用于低压配电系统的 SPD 的 I 级分类试验。冲击电流 I_{imp} 应在 10 ms 内通过的电荷 $Q(\text{A} \cdot \text{s})$ 数值上等于幅值电流 I_{peak} 的 50%, 即 $Q(\text{A} \cdot \text{s}) = 0.5 I_{\text{peak}} (\text{kA})$ 。

3.59

标称放电电流 I_n nominal discharge current I_n

流过 SPD 的 8/20 μs 电流波的峰值电流,用于 II 级分类试验,也用于对 SPD 做 I 级和 II 级分类的预试验。

3.60

I 级分类试验中最大放电电流 I_{max} maximum discharge current I_{max} for class I test

用于 II 级分类试验,流过 SPD 的 8/20 μs 电流波的峰值电流。 I_{max} 大于 I_n 。

3.61

冲击试验分类 Impulse test classification

3.61.1

I 级分类试验 class I tests

对试品进行标称放电电流 I_n 、1.2/50 μs 冲击电压和最大冲击电流 I_{imp} 的试验。 I_{imp} 的波形为 10/350 μs 。

3.61.2

I 级分类试验 class I tests

对试品进行标称放电电流 I_n 、1.2/50 μs 冲击电压和最大放电电流 I_{max} 试验。 I_{max} 的波形为 8/20 μs 。

3.61.3

II 级分类试验 class II tests

对试品进行混合波(1.2/50 μs , 8/20 μs)试验。

注: IEC 61643-1 序言中指出:

I 级分类试验用于模拟侵入的部分雷电流冲击,经 I 级分类试验的 SPD,一般建议安装在暴露处,如装有防雷装置的建筑物入口处。

II 级和 III 级分类试验用于承受持续时间短的雷击电磁脉冲,此类 SPD 一般建议安装在非充分暴露处。

3.62

I 级分类试验中单位能量 W/R specific energy W/R for class I test

冲击电流 I_{imp} 在流过 1 Ω 单位电阻时消耗的能量。此能量在数值上等于电流平方对时间的积分, $W/R = \int I^2 dt$, 又称比能量。

$R = \int I^2 dt$, 又称比能量。

3.63

混合波 combination wave

由混合波发生器产生的开路电压波形为 1.2/50 μs , 短路电流波形为 8/20 μs 冲击波。当发生器与 SPD 相连, SPD 上承受的实际电压、电流大小及波形由发生器内阻和 SPD 阻抗决定。开路电压峰值与短路电流峰值之比为 2 Ω (虚拟阻抗 Z_f)。短路电流用 I_{sc} 表示, 开路电压用 U_{oc} 表示。

3.64

退耦器 decoupling network

当对 SPD 施加工频电压并进行冲击试验时,用来防止电涌能量反馈到供电网的装置。也称“退耦滤波器”或“反向滤波器”。

3.65

比特差错率(BER) bit error ratio BER

单位时间内,信息传输系统中错误的传输比特数与总传输比特数之比。也称“误码率”。

3.66

SPD 的频率范围 f_c frequency range of SPD f_c

连接至电信和信号网络的 SPD 在接入线路后,会产生能量损耗,规定在 3 dB 的插入损耗下,起始频率至截止频率为该 SPD 的频率范围。

3.67

SPD 数据传输速率 bps transmission rate SPD bps

连接至电信和信号网络的 SPD 在接入网络系统后不降低系统误码时的上限数据传输速率,用 1 s 内传输比特值表示,即 b/s。

3.68

回波损耗 return loss

在高频工作条件下,前向波在 SPD 插入点产生反射的能量与输入能量之比,它是衡量 SPD 与被保护系统波阻抗匹配程度的一个参数。

AR 是反射系数倒数的模量,单位为分贝(dB)。当阻抗能确定时,可用下列公式确定:

$$AR = 20 \lg \text{MOD}[(Z_1 + Z_2)/(Z_1 - Z_2)]$$

式中:

Z_1 ——阻抗不连续点之前传输线的特性阻抗,即源阻抗;

Z_2 ——不连续点之后的特性阻抗或从源和负载间的结合点所测到的负载阻抗;

MOD——是阻抗模的计算,即绝对值。

3.69

纵向平衡 longitudinal balance

3.69.1

模拟音频电路的纵向平衡 longitudinal balance of the analogue voice frequency circuits

衡量由两条(一对)导线构成的线路对地的电气对称性。

3.69.2

数据传输电路的纵向平衡 longitudinal balance of the data transmission

两条或两条以上导线构成的一个平衡电路对地(或等电位连接带)的阻抗对称性的量度,此术语用于表示对共模干扰的灵敏度。

3.69.3

通信和控制电缆的纵向平衡 longitudinal balance of the communication and control cables

SPD 在试验情况下,骚扰的对地共模电压(纵向) V_s (r. m. s)与受试 SPD 产生的差模电压(双线回路) V_m (r. m. s)之比。以分贝(dB)为单位来表示。

注:以分贝(dB)为单位的纵向平衡值由下式给出: $20\lg(V_s/V_m)$,式中的 V_s 和 V_m 是在同一频率下测得的。

3.69.4

电信线路的纵向平衡 longitudinal balance of the telecommunications

SPD 在试验情况下,骚扰的对地共模电压(纵向) V_s (r. m. s)与受试 SPD 产生的差模(双线回路) V_m (r. m. s)之比,以分贝(dB)为单位来表示。

3.70

近端交扰 NEXT near-end crosstalk NEXT

在受干扰信道中的交扰,其传播方向与在干扰信道中的电流传播方向相反。在受干扰信道中产生的近端交扰,其端口通常与干扰信道的供能端接近或重合。

3.71

过载故障模式 overstressed fault mode

模式 1:SPD 中限压元件由于过载而与主电路脱离,此时线路仍能正常工作,但 SPD 已不起作用。

模式 2:SPD 中限压元件已短路,因短路启动过电流保护而致使线路不能正常工作,但信息设备因 SPD 短路而不会受损。

模式 3:SPD 的限压部分的网络侧出现内部开路,此时线路不能正常工作,信息设备因线路开路而不会受损。

4 要求

4.1 总则

本部分对 SPD 提出的要求有:使用条件、标志和铭牌、一般电气性能、电涌保护电气性能、适应传输特性的电气性能、机械性能、工作环境、安全性能和特殊 SPD 的性能附加要求,其中大量的要求为低压电气设备的通用要求。

4.2 使用条件要求

4.2.1 正常使用条件

满足 QX 10 标准本部分规定的 SPD 应能在如下条件下运行。

4.2.1.1 供电频率范围

交流供电频率为 48 Hz~62 Hz。

4.2.1.2 供电电压

SPD 端子之间的持续供电电压应低于 U_c 。连接至低压配电系统的 SPD 适用于交流额定电压不超过 1 000 V(r. m. s)或直流电压不超过 1 500 V 的范围内。

4.2.1.3 周围空气温度

周围空气温度在 $-5^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ 之间,且 24 h 内的平均温度值不超过 $+35^{\circ}\text{C}$ 。

4.2.1.4 海拔高度

安装地点的海拔不超过 2 000 m。

注:对于海拔高于 2 000 m 的 SPD,生产厂和用户协议时需要考虑空气密度对介电强度的下降。

4.2.1.5 空气相对湿度

环境温度为 $+40^{\circ}\text{C}$ 时,空气的相对湿度不超过 50%,在较低的温度下可以允许有较高的相对湿度,例如 20°C 时达 90%。对由于温度变化偶尔产生的凝露应采取特殊的措施。

4.2.1.6 污染等级

生产厂应说明其产品适应的污染等级,并根据不同的污染等级设计 SPD 的电气间隙和爬电距离。污染等级的划分见附录 F(规范性的附录)。

4.2.2 非正常使用条件

非正常使用条件下的 SPD 可按生产厂和用户的协议确定。如周围空气温度扩展至 $-40^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 时,应进行低温或高温试验。

4.3 产品要求

4.3.1 标志、铭牌、使用说明书要求

标志、铭牌、使用说明书的要求见本部分第 7 章的内容,试验方法见 6.3.1。

4.3.2 电气性能要求

4.3.2.1 一般电气性能要求

4.3.2.1.1 电气连接

SPD 应具有接线端子,可采用螺钉、螺母、插头、插座及其他有效的连接方法。

SPD 的接线端子应能连接生产厂标称的额定连接容量规定的最大截面积和最小截面积的线缆。

连接可靠性试验,应在最大截面积和最小截面积情况下均能连接可靠。

测试方法见 6.3.2.1.1。

注:GB 17464 的 6.2 条规定:除非有关产品标准另有规定,否则,每个夹紧件(指接线端子)除了应具备其额定连接容量之外,还应至少能连接两种相邻的更小横截面积的导线。如额定连接容量为 4 mm^2 时,应能夹紧 2.5 mm^2 或 1.5 mm^2 导线,其中 4 mm^2 称最大截面积, 1.5 mm^2 称最小截面积。

4.3.2.1.2 电气间隙和爬电距离

电气间隙是指 SPD 中两个载流部件之间在空气中的最短直线距离。

爬电距离是指两个载流部件之间,沿绝缘材料表面的最短距离。

测试方法见 6.3.2.1.2。

4.3.2.1.2.1 电气间隙

SPD 的绝缘配合是建立在瞬态过电压被限制在 SPD 电压保护水平 U_p 之内并以其最大持续运行电压 U_c 为基础规定的。 U_c 的值见表 1 和表 2。SPD 的电气间隙应按室外型和室内型分类分别符合表 1 和表 2 中的规定值要求。室外型 SPD 的测试主要在载流部件与接地端之间进行。

表 1 电气间隙与爬电距离(室外型 SPD)

SPD 最大持续运行电压/V	最小电气间隙/mm	爬电距离/mm	
		CTI $\geq$ 600	400 $\leq$ CTI $<$ 600
<450	3	6	7.5
450~599	5.5	12	15.5
600~1 199	8	20	25
1 200~1 500	10	30	40

注：上述值是基于 GB/T 16935.1, 在海拔高度低于 2 000 m 的污染等级为 4 时和非均匀的电场条件的。如果污染等级低于 4, 也可选取其他值或者进行污染试验。CTI 值(相比漏电起痕指数)可根据 GB/T 4207 选取。

表 2 电气间隙和爬电距离(室内型 SPD)

SPD 最大持续运行电压/V	<100	100~200	200~450	450~600	600~1 200	1 200~1 500
电气间隙/mm						
1) 不同极性载流部件之间						
2) 载流部件与安装 SPD 时必须拆开的紧固盖板的螺钉或其他紧固元件之间	1	2	3	5.5	8	12
3) 载流部件与壳体之间(见注 1、见注 2)						
4) 脱离器中金属部件与壳体之间(见注 1)或与螺钉和其他紧固元件之间						
5) 载流部件与安装表面(见注 2)之间						
6) 载流部件与固定 SPD 的螺钉或其他紧固元件之间(见注 2)	2	4	6	11	16	24
爬电距离/mm						
1) 不同极性的载流部件之间						
2) 载流部件与安装 SPD 时必须拆开的紧固盖板的螺钉或其他紧固元件之间	1	2	3	5.5	8	12
3) 载流部件与壳体之间(见注 1)						
4) 载流部件与固定 SPD 的螺钉或其他紧固元件之间(见注 2)	2	4	6	11	16	24

注 1：壳体定义见本部分 6.3.5.4.2 条。

注 2：如果 SPD 的载流部件与金属隔板或安装 SPD 的金属平面之间的电气间隙和爬电距离仅与 SPD 设计有关, 当 SPD 是在最不利的条件下(甚至在金属外壳内)安装时, SPD 的电气间隙和爬电距离也不会减小时, 采用第一行和第二行的值就够了。

4.3.2.1.2.2 爬电距离

SPD 的爬电距离最小值与 SPD 的最大持续运行电压 U_c 值、各种不同部件、绝缘材料组别等有关。就本部分而言, 绝缘材料可按它们的相比漏电起痕指数(CTI)划分为以下两个组别:

- 绝缘材料组别 I: CTI $\geq$ 600
- 绝缘材料组别 II: 600 $>$ CTI $\geq$ 400

SPD 的爬电距离按户外型和户内型分类应分别符合表 1 和表 2 中的规定值要求。

4.3.2.1.2.3 分开电路间的电气间隙

生产厂制造的 SPD 如有一个与主电路电气上隔离开的电路时,生产厂应提供分隔开的电路间有关电气间隙、爬电距离、介电强度等技术参数,并通过试验验证。

4.3.2.1.3 耐漏电起痕

漏电起痕是指固体绝缘材料表面在电场和电解液的共同作用下逐渐形成导电通路的过程。相比漏电起痕指数(CTI)是指材料表面能经受住 50 滴电解液没有形成漏电起痕的最高电压值,单位为伏(V)。SPD 的 CTI 值要求为 175 V。

将 SPD 中载流部件固定在其位置上的固体绝缘材料应是耐漏电起痕材料,如无机绝缘材料、玻璃或陶瓷绝缘材料,或者它们之间有足够的距离。

注:测试方法见 6.3.2.1.3,电解液配方和浓度见 GB/T 4207。

4.3.2.1.4 介电强度

SPD 在正常的工作电压下,应不失去其良好的绝缘性能,在 SPD 介电性能试验时,不允许有飞弧或击穿现象。如果出现局部放电,电压变化应低于 5%。SPD 的外壳也应有足够的介电强度。本部分要求只对室外型 SPD 进行试验。

测试方法见 6.3.2.1.4。

4.3.2.1.5 外壳防护等级(IP 代码)

SPD 生产厂应提供其产品的外壳防止与内部载流部件接触以及外部固态物和水进入内部能力的指标,即 IP 代码。IP 代码等级见附录 B(规范性附录)。

测试方法见 6.3.2.1.5。

4.3.2.2 电涌保护电气性能要求

SPD 电涌保护电器性能是本部分区别于一般低压电器电气性能的特性。生产厂的标称值(标志、铭牌或说明书中标明的值)应与试验的实测值一致。

4.3.2.2.1 I 级分类冲击电流试验要求

对生产厂标称符合 I 级分类试验要求的 SPD,应进行 I 级分类最大冲击电流和冲击电压试验,并验证是否符合生产厂标称值。

测试方法见 6.3.2.2.3.1 f)。

4.3.2.2.2 II 级分类标称放电电流试验要求

对生产厂标称符合 II 级分类试验的 SPD,应进行 II 级分类标称放电电流和冲击电压试验,并验证是否符合生产厂标称值。

测试方法见 6.3.2.2.3.1 f)。

4.3.2.2.3 III 级分类混合波试验要求

对生产厂标称符合 III 级分类试验要求的 SPD,应进行 III 级分类混合波试验,并验证是否符合生产厂标称值。

测试方法见 6.3.2.2.3.1 g)。

4.3.2.2.4 实测限制电压

SPD 的实测限制电压不应超过生产厂标称的电压保护水平 U_p 值。

测试方法见 6.3.2.2.2。

4.3.2.2.5 动作负载试验

对 SPD 施加一系列规定次数和规定波形及幅值的放电电流或冲击电流的试验,来模拟 SPD 在 U_p 运行条件下,能否承受生产厂标称的放电电流或冲击电流而不使其性能劣化。

测试方法见 6.3.2.2.3。

4.3.2.2.6 SPD 的脱离器

SPD 可在其内部或外部,或内部和外部均连接脱离器。脱离器动作时应有明显的指示。如果 SPD 内

部有脱离器,应在型式试验中对其进行动作负载试验、耐热试验和热稳定性试验,并验证其是否符合技术要求。

对剩余电流保护器(RCD),则在动作负载试验时无需对其测试;如 RCD 是 SPD 的组成件时,则应符合 RCD 有关标准的要求。

在型式试验中 SPD 的脱离器应与 SPD 一起试验,测试方法见 6.3.2.2.4。

4.3.2.2.7 短路电流承受能力

在 SPD、内部或外部脱离器、后备过电流保护动作前,SPD 应具有荷载短路电流的能力。生产厂应给出最大荷载短路电流值,通过试验验证其是否符合生产厂的标称值。

测试方法见 6.3.2.2.4.3。

4.3.2.2.8 暂时过电压(TOV)特性

SPD 应具有安全的过载故障模式,且能耐受规定的暂时过电压。

测试方法见 6.3.2.2.5 和 6.3.2.2.7。

4.3.2.3 适应传输特性电气要求

用于保护信息线路及设备的 SPD 尚应与电信、信号网络的传输特性相匹配,以满足信息系统的传输要求。具体要求见表 18。

测试方法见 6.3.2.3.1~6.3.2.3.8。

4.3.2.3.1 电容

生产厂应提供指定 SPD 端子间的电容值,并通过试验验证。

4.3.2.3.2 插入损耗(AE)

根据传输信号的不同特性,对插入损耗(AE)提出如下要求:参考值为 1 dB;常规值为 0.5 dB;优选值为 0.3 dB。

4.3.2.3.3 回波损耗(AR)

根据传输信号的不同特性,如阻抗、频率、传输线类型等,一般情况要求回波损耗 $AR \geq 23$ dB(驻波比 $SWR \leq 1.15$)。

4.3.2.3.4 纵向平衡

生产厂应提供决定纵向平衡的 SPD 的串联电阻的匹配值,一般情况下纵向平衡值可规定为串联电阻值的最大值,或串联电阻之间差值的最大百分数,并通过试验验证。

4.3.2.3.5 比特差错率(BER)

生产厂应提供接入数字传输系统的 SPD 的比特差错率值,并通过试验验证。

4.3.2.3.6 近端交扰(NEXT)

生产厂应提供 SPD 接入线路后近端交扰的信号量参数值,并通过试验验证。

4.3.2.3.7 频率范围 f_G

生产厂应提供接入不同信息网络的 SPD 在插入损耗为 3 dB 时的频率范围,并通过试验验证。

4.3.2.3.8 数据传输速率 bps

生产厂应提供接入数据通信网络的 SPD 的最大数据传输速率,并通过试验验证。

4.3.3 机械性能要求

4.3.3.1 一般要求

SPD 应具有接线端子。可用下列方式进行电气连接:

- 螺钉接线端子;
- 螺母;
- 插头;
- 插座;
- 非螺钉型接线端子;

——绝缘刺穿连接或等效方法。

4.3.3.2 机械连接

4.3.3.2.1 在机械连接中的螺钉、螺母被紧固时,SPD 接线端子应固定在 SPD 上,在螺钉或螺母拧紧或松开时应不会松掉。必须使用工具才能松开夹紧螺钉或锁紧螺母。

4.3.3.2.2 装有 SPD 的插头和插座应符合相关国家标准要求,见 GB 2099.1 的有关条款。

4.3.3.2.3 螺钉、载流部件和连接

a) 无论是电气连接或机械连接均应能承受正常使用时发生的、以及大电流通过时产生的机械应力。安装 SPD 时使用的螺钉不能用切削式自攻螺钉。

b) 电气连接的设计应使接触压力不是通过绝缘材料(陶瓷或纯云母除外)传递,除非金属部件具有足够的弹性以补偿绝缘材料的收缩或变形。通过直观检查其是否符合要求。还应从几何尺寸的稳定性,来考虑材料的适用性。

c) 载流部件和连接件,包括用于接地保护的导体(如有的话),应采用:

——铜。

——铜的质量分数至少为 58% 的铜合金(冷加工零件),或铜的质量分数至少为 50% 的铜合金(非冷加工零件)。

——耐腐蚀性能不低于铜,且具有合适的机械性能的其他金属或适当涂(镀)层的金属。

——用于连接接地保护导体的连接端子应不存在可能导致腐蚀的电池效应。

测定抗腐蚀性的新要求和适当的试验项目待定。这些要求应允许使用其他涂层或镀层的材料,如铬的质量分数大于 13%,碳的质量分数低于 0.09% 的不锈钢;锌镀层大于 5 μm 的钢;镍铬镀层大于 20 μm 的钢;锡镀层大于 12 μm 的钢等。

本条款不适用于触头、磁路、加热元件、双金属片、限流材料、分流器、电子装置元件以及螺钉、螺母、垫圈、紧夹板等部件。

4.3.3.2.4 连接外部导体的螺钉接线端子

a) 连接外部导体的螺钉接线端子应保证其连接的导体永久保持必需的接触压力,这些部件可以是插入式或用螺栓连接。在正常的使用条件下,接线端子应易于拆装。

测试方法见 6.3.2.1.1.2 a)。

b) 接线端子中用于紧固导体的螺钉或螺母不应用作固定其他零部件,但可以用来固定接线端子或防止其转动。

测试方法见 6.3.2.1.1.2 a)。

c) 接线端子应有足够的机械强度。用于紧固导体的螺钉和螺母应具有 ISO 规定公制的螺纹或节距和机械强度相类似的螺纹,如 SI、BA 或 UN 螺钉。

测试方法见 6.3.2.1.1.2 a) 和 b)。

d) 接线端子应设计和制造成使得其能紧固连接导体时不会过度损伤导体。

测试方法见 6.3.2.1.1.2 a)。

e) 接线端子应设计和制造成能将导线牢固夹紧在金属表面之间。

测试方法见 6.3.2.1.1.2 a) 和 b)。

f) 接线端子应设计成在螺钉或螺母拧紧时使放置其中的硬单芯导体或绞合导线的线丝不能滑出。

本条款不适用于接线片式连接端子。测试方法见 6.3.2.1.1.2 b)。

g) 接线端子应这样固定或定位,当紧固螺钉或螺母在拧紧或松动时,接线端子不应从 SPD 的固定位置上松脱。

接线端子的转动或移位必须严格限制在 GB 2099.1 标准要求范围之内。

密封化合物或树脂的使用,只要满足下列条件便可认为能防止接线端子从工作位置上松脱:

密封化合物或树脂在正常使用时不遭受应力,且密封化合物或树脂的功能不因接线端子的温升而

失效。通过检查和 6.3.2.1.1.2 规定的方法测试。

- h) 用于连接接地保护导体的连接端子的紧固螺钉或螺母应充分锁定,以防止意外的松动,而且,应是不借助工具就不能将它们拧松。通过手动来检查其是否符合要求。

4.3.3.2.5 连接外部导体的非螺钉型接线端子

- a) 连接端子应设计成如下结构:

——能分别的紧固每根导线。在连接或脱开导线时,能同时或分别地连接或脱开;
——能将规定的最多根数以内的任何根数导线可靠地紧固。

- b) 接线端子设计和制作成能紧固连接导体(线)而不致过度损伤连接导体。

通过直观检查和 6.3.2.1.1.3 试验验证是否符合上述要求。

4.3.3.2.6 绝缘刺穿连接外部导体

- a) 绝缘刺穿连接应具有可靠机械连接性能。

- b) 产生接触压力的螺钉不应用来固定其他器件,即使它们是用来固定 SPD 或者防止其转动。

- c) 螺钉不应用软金属或易于变形的金属制成。

通过直观检查和 6.3.2.1.1.4 试验验证是否符合上述要求。

4.3.3.3 金属的耐腐蚀

夹紧件除夹紧螺钉、锁紧螺母,止推的垫圈,导线和类似的零件等外,应使用含有耐腐蚀金属如铜、黄铜等。测试方法见 6.3.3.4。

4.3.4 工作环境要求

SPD 的设计应使得在正常工作环境下其性能良好。室外型 SPD 应装备有防恶劣气候、紫外线辐射、腐蚀、漏电起痕等由玻璃、上釉陶瓷等材料组成的防护罩。

在两个具有不同电位的部件之间应有足够的表面爬电距离。

按 GB 4208 进行试验和校核 IP 代码。

4.3.5 安全要求

在本部分规定的正常工作环境下,SPD 的操作应是安全的。

4.3.5.1 防直接接触

在最大持续运行电压 U_n 高于交流有效值 50 V 和直流 71 V 时,对易触及的 SPD,都必须符合以下要求。

为了防止直接接触,当 SPD 安装使用时,所有这些载流部件应是不易触摸到的。按 GB 4208 标准试验方法试验验证。

当 SPD(除不易触及式外)正常接线安装使用时,载流部件是不易触及的,即使是在那些不用工具便可拆下的部件被拆除之后也应如此。

接地端子所有与其连接的易触及的部件之间应是低阻抗连接。

测试方法见 6.3.5.1。

4.3.5.1.1 机械强度

SPD 组件中防止直接接触的部件应具有足够的机械强度。

测试方法见 6.3.3.2 和 6.3.3.3。

4.3.5.1.2 耐热性

SPD 组件中所有防止直接接触的部件应具有足够的耐热性。

测试方法见 6.3.5.3。

4.3.5.1.3 绝缘性能

SPD 绝缘部分应具有足够的绝缘电阻,用于低压配电系统的 SPD 按不同部件要求其值分别应不小于 2 M Ω 或不小于 5 M Ω ;用于信息线路 SPD 其值应大于或等于生产厂的标称值。

测试方法见 6.3.5.4。

4.3.5.2 阻燃性

SPD 的壳体上的绝缘材料应具有阻燃性或自熄性。

测试方法见 6.3.5.5。

4.3.5.3 色标

当 SPD 是由多级组合,各级之间使用线缆连接时,线缆色标应符合色标的规定要求。如相线可用黄、绿、红色,中性线用淡蓝色,保护线用绿/黄双色线。

通过直观检查。

4.3.5.4 待机功耗 P_s

生产厂应提供 SPD 的连接方式,在不同的连接方式情况下测量在 U_s 电压下和不带负载条件下的待机功耗 P_s 值。

通过 6.3.2.2.6 试验验证。

4.3.5.5 残流 I_{res}

将 SPD 按生产厂提供的方法连接,测量在 U_s 电压下和不带负载条件下经 SPD 流过等电位连接带的残流值。

通过 6.3.2.2.6 试验验证。

4.3.5.6 状态指示器

在型式试验全过程中,指示器所显示的状态应明确地指示出与其相连部件的状态。对带有中间状态指示器的 SPD,不可将中间状态指示认定是指示器的故障。在状态指示器具有多种显示型式时,如本身具有声、光报警或遥信功能时,应对每种型式进行试验。生产厂应提供状态指示器的功能说明。

状态指示器可由一耦合器连接的二部分组成,耦合器可为机械的、光的、声响的或电磁的。在更换 SPD 时一并更换的那一部分,应进行上面所述的试验;而不被更换的那一部分应至少具有继续工作 50 次的功能,且应符合相关标准的要求。

4.3.6 特殊 SPD 的附加要求

4.3.6.1 对双口 SPD 和输入/输出端分开的单口 SPD 的附加要求

4.3.6.1.1 电压降

生产厂的标称电压降百分比应通过 6.3.6.1.1 试验验证。

4.3.6.1.2 额定负载电流 I_L

生产厂应标注 SPD 可通过的额定负载电流 I_L 值,并通过 6.3.6.1.2 试验验证。

4.3.6.1.3 负载端耐电涌能力

当生产厂提供 SPD 负载端耐电涌能力时,应通过 6.3.6.1.4 试验验证。

4.3.6.2 连接至电信和信号网络的 SPD 的附加要求

4.3.6.2.1 冲击复原时间

如果 SPD 内部含开关型限压元件,在型式试验中,在施加了规定的冲击电压和冲击电流后,开关型限压元件应在冲击电流通过后的 30 ms 内复原到初始的高阻值状态。

测试方法见 6.3.6.2.1。

4.3.6.2.2 过载故障模式

在生产厂提供其产品过载故障的冲击电流或交流电流值时,应对其值进行验证。试验过程中 SPD 不应有着火、爆炸、发生电击的危险和施放出有毒气体。试验后再次验证试品的绝缘电阻、实测限制电压及串联电阻(如果有)值。

测试方法见 6.3.6.2.2。

4.3.6.2.3 盲点

当生产厂提供的产品是由多级 SPD 组成时,应进行盲点测试以确定其多级 SPD 元件间的能量配合状况。要求在测试中 SPD 不应出现不完全动作的情况。

测试方法见 6.3.6.2.3。

4.3.6.2.4 对含有限流元件的 SPD 的附加要求

当 SPD 含其内部既有限压元件又有限流元件时,除了应满足其他要求外,因其线路端子间串有电感或电阻,尚应满足以下附加要求。

4.3.6.2.4.1 额定负载电流 I_L

用生产厂标称的额定负载电流对 SPD 进行 1 h 的试验后,SPD 的外壳达到热稳定,且正常使用时可接触部件的温度不超过环境温度,限流元件不应动作。

测试方法见 6.3.6.2.4.1。

注:此要求同 4.3.6.1.2。区别是本条要求适用于电信和信号网络用 SPD。

4.3.6.2.4.2 串联电阻

通过试验,计算出 SPD 的串联电阻值是否与生产厂标称值一致。

测试方法见 6.3.6.2.4.2。

4.3.6.2.4.3 电流响应时间

限流元件应在生产厂标称的响应时间内动作,对 PTC 热敏电阻的要求可参考见 ITU-T. K30。

测试方法见 6.3.6.2.4.3。

4.3.6.2.4.4 电流恢复时间

对于 SPD 内含一个或一个以上自恢复限流元件的,应进行电流恢复时间测试,要求恢复时间小于 120 s。

测试方法见 6.3.6.2.4.4。

4.3.6.2.4.5 最大断路电压

对 SPD 内含有可恢复限流或自恢复限流元件的,应用生产厂所标称的最大断路电压值进行 1 h 测试,试验后 SPD 限流元件的工作性能应不下降。

测试方法见 6.3.6.2.4.5。

4.3.6.2.4.6 工作状态

对 SPD 内含有可恢复限流或自恢复限流元件的,应用生产厂最大断路电压标称值进行循环试验,在试验完成后,试品的串联电阻、电流响应时间和电流恢复时间等性能应无变化。

测试方法见 6.3.6.2.4.6。

4.3.6.2.4.7 交流电流耐受能力

在 SPD 指定的端子间施加工频短路电流的试验,在重复试验完成后 SPD 的额定电流、串联电阻和电流响应时间等性能应无变化。

测试方法见 6.3.6.2.4.7。

4.3.6.2.4.8 冲击电流耐受能力

在 SPD 指定的端子间施加冲击电流,经过规定的电流、波形和次数的试验后,SPD 的额定电流、串联电阻和电流响应时间的性能应无变化。

测试方法见 6.3.6.2.4.8。

4.3.6.2.4.9 高温高湿耐受能力

对生产厂标称具有在高温高湿环境中能正常运行的 SPD 应进行高温高湿耐受能力试验。在进行了长时间(10 d~56 d)循环试验后,SPD 的绝缘电阻和限制电压性能应无变化。

测试方法见 6.3.6.2.5。

4.4 标准额定值

4.4.1 连接至低压配电系统的 SPD

4.4.1.1 I 级分类试验中冲击电流 I_{imp} 推荐选用值:

电流峰值(kA):1、2、5、10、20

电荷量(A·s):0.5、1、2.5、5、10

4.4.1.2 II级分类试验中标称放电电流 I_n 推荐选用值(kA):

0.05、0.1、0.25、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、5、10、15、20

4.4.1.3 III级分类试验中开路电压 U_∞ 的推荐选用值(kV):

0.1、0.2、0.5、1、2、3、4、5、6、10、20

4.4.1.4 电压保护水平 U_p 推荐选用值(kV):

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、2.5、3.0、4.0、5.0、6.0、8.0、10

4.4.1.5 最大持续运行电压 U_c (d.c 或 a.c.r.m.s) 推荐选用值(V):

52、63、75、95、110、130、150、175、220、230、240、250、260、275、280、320、420、440、460、510、530、600、630、690、800、900、1 000、1 500

4.4.2 连接至电信和信号网络的 SPD

4.4.2.1 SPD 的额定电压 U_n 推荐选用值(V):

5、6、8、15、24、30、48、60、130、170、280

4.4.2.2 A类和C类产品进行I级分类试验中冲击电流 I_{imp} 推荐选用值(kA):

0.01、0.02、0.05、0.1、0.25、0.6、1、1.5、2、2.5、3

4.4.2.3 B类产品进行II级分类试验中标称放电电流 I_n 推荐选用值(kA):

0.1、0.2、0.5、1、2.5、5、10、20

注: A、B、C类依在不同LPZ区使用情况分类,见表4。

4.4.2.4 电压保护水平 U_p 推荐选用值(kV):

0.015、0.02、0.025、0.03、0.035、0.04、0.045、0.05、0.055、0.06、0.065、0.07、0.075、0.08、0.085、0.09、0.095、0.1、0.12、0.15、0.18、0.2、0.25、0.3、0.35、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9、1、1.2、1.5、1.8、2、2.5

4.4.2.5 功率(用于天馈系统的SPD)推荐选用值(kW):

0.1、0.12、0.15、0.2、0.25、0.4、0.5、0.8、1、1.5、2

5 分类和命名

5.1 SPD 的分类

5.1.1 连接至低压配电系统的 SPD 分类见表3。

表3 连接至低压配电线路的 SPD 分类

大类序号	分 类 方 式	小类序号	具 体 分 类
1	按有无串联附加阻抗	1	无串联阻抗(单口)
		2	有串联阻抗(双口)
2	按电路设计拓扑	3	电压开关型
		4	限压型
		5	组合型
3	按冲击试验类型	6	I级分类试验
		7	II级分类试验
		8	III级分类试验
4	按使用地点	9	室外型
		10	室内型
5	按可触及性	11	易触及型
		12	不易触及型

表 3(续)

大类序号	分 类 方 式		小类序号	具 体 分 类
6	按安装方式		13	固定式
			14	可移式
7	脱离器	安装位置	15	安在 SPD 内部
			16	安在 SPD 外部
			17	内外部均有
		保护功能	18	有防过热功能
			19	有防泄漏电流功能
			20	有防过电流功能
8	后备过电流保护		21	有具体规定的
			22	无具体规定的
9	外壳防护等级		23	按 IP 代码规定划分
			23+1	
			23+2	
				
			23+n	
10	温度范围		24	工作在正常温度范围
			25	工作在扩展温度范围

5.1.2 连接至电信和信号网络的 SPD 分类见表 4。

表 4 连接至电信和信号网络的 SPD 分类

大类序号	分 类 方 式	小类序号	具 体 分 类
1	有无限流元件	1	无限流元件
		2	具有限流元件
2	按不同防雷区(LPZ)的使用分类	3	A类:LPZ0和LPZ1区交界处
		4	B类:LPZ1区以内
		5	C类:LPZ0~LPZ2区均可使用
3	按过载故障模式	6	模式1
		7	模式2
		8	模式3
4	按使用地点分类	9	室外型
		10	室内型
5	按线路对数	11	一对线的
		12	一对线以上的
6	按限流器件的可恢复性能	13	非恢复限流
		14	可恢复限流
		15	自动恢复限流
7	温度范围	16	工作在正常温度范围
		17	工作在扩展温度范围
8	外壳防护等级	18	按IP代码规定划分
		18+1	
			
		18+n	
注: A类、C类试验用10/350 μs,B类只用8/20 μs波形。			

5.2 SPD 的命名

5.2.1 SPD 宜采用五段命名原则,供生产厂选用。

5.2.2 第一段代表生产厂代号,由三个字母组成。

第二段表示 SPD 分类,可选用 A、D、X、T、S 中的一个字母,其中:

A:表示用于低压交流配电线路上的 SPD;

D:表示用于低压直流配电线路上的 SPD;

X:表示用于数据传输线或信号控制线上的 SPD;

T:表示用于同轴电缆上的 SPD;

S:表示用于视频传输线路上的 SPD;

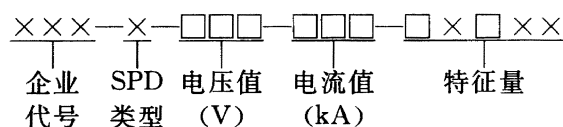
第三段表示 SPD 的额定电压值,由三个数字组成。

它们可分别表示交流电压值、直流电压值或数据传输和视频传输中允许的最大工作电压值 $U_{\max}$,当电压值低于 100 V 时,第一位应补 0。

第四段表示 SPD 的冲击电流 I_{imp} (10/350 μs)或标称放电电流 I_n (8/20 μs)值,由三个数字组成。当电流值低于 100 kA 时,第一位应补 0。

第五段表示 SPD 的其他特征量,生产厂可按表 3 及表 4 的内容选用,也可用以说明产品的其他特征量,如接口型式、插入损耗、频率范围、功率、特性阻抗等。第五段可由字母和数字混合组成,字数无限制。

5.2.3 五段组成示意如下:



6 试验方法

6.1 试验规则

由于型式试验的内容和方法包含了例行试验、验收试验和定期试验等试验的全部内容,本试验条件和试验程序只以型式试验为例。

型式试验又称设计试验,当一个新产品设计定型投产前或产品转厂生产前而样品试制完成之后,必须对其进行一系列的全面试验,以验证是否符合标准。此后,当产品设计改变,材料和工艺有重大改变,或在正常生产条件下在规定的生产周期(批量)后以及产品停产一年以后重新生产时均应作型式试验。

连接至低压配电线路的 SPD 和连接至信息线路的 SPD 在试验上有共性也有各自的要求,本节内容将在描述共性要求的同时对有各自要求的特性分别说明。

6.1.1 所有试品,无论是由某一单元件构成或是复杂构成,都应把试品做为一个整体测试,含生产厂提供的固定在 SPD 上的电线(缆)、开关、过电流保护等在内,不允许随意拆卸和进行额外的维护或修理。

6.1.2 SPD 的试品应按生产厂提供的连接方法连接后进行试验,除非这种连接方法是明显与有关技术标准相悖的。

如果 SPD 有多组连接端子,如用于三相配电系统的 SPD、用于多条线路的信息 SPD,应对每一组线路单独测试,也可能需要对所有线路同时进行试验。

6.1.3 对具有一种以上保护模式的低压配电系统用的 SPD,应对每一保护模式进行试验,每一种保护模式用一个新试品(一次试验用三个新试品,三个试品可对应三种保护模式)。

6.1.4 试验室环境条件应符合下列要求:

温度范围: $20^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$;

气压范围: 86 kPa~106 kPa;

湿度范围:室温下相对湿度不大于 60%。

试品在试验之前,应在试验室内或与试验室条件一致的环境中放置一段时间,一般不应少于 15 min。

6.1.5 所有试验的波形和数据均应用仪器正确记录结果。所有试验仪器均应达到有关仪器设备的技术标准,并符合国家对仪器设备的计量规定,如示波器应符合 GB/T 16896.1 的要求,冲击波发生器的容差不应大于本部分中的有关规定。

6.1.6 试验中需使用的试验连接导线应尽可能的短,多股铜线最小截面积宜符合 I 级分类试验中大于 16 mm² 和 II、III 级分类试验中大于 6 mm² 的要求。

6.1.7 型式试验的试品应从交收检验的合格批中随机抽取,一般每种取六只试品,其中三只试品是按 6.2.4 条做重复试验的备用品。

6.2 试验程序

6.2.1 试品 SPD 应抽样逐项进行试验。对于生产厂标称具有某种特殊功能的 SPD 或用于特殊环境、特殊用途的 SPD 尚须进行对应的试验。对生产厂标称除具有电涌保护功能外,还有其他功能的产品,也必须对其按有关标准进行不影响电涌保护性能的试验。

6.2.2 SPD 电涌保护性能电气要求的试验主要是对该试品是否符合生产厂标称的技术参数进行检验,对于某一参数是否符合用户的选择和使用要求,则由 SPD 的选择和使用原则的有关标准解释。

6.2.3 如果生产厂对 SPD 外部的脱离器按供电电源的预期短路电流规定了不同的要求,则应对每个要求的脱离器和相应预期短路电流组合进行相关试验程序。

6.2.4 型式试验按表 5 或表 6 规定的项目进行。每项试验均用三个试品,当三个试品均通过了某项试验,则认定该型号 SPD 符合此项试验要求,可转入下一项试验。如果有一个试品没有通过这项试验,则必须重新抽取三个新试品重复这项试验。重复试验的三个新试品中如有一个试品没能通过试验,试验应至此结束,不再继续下一项的试验,即可判定该产品未通过型式试验。

注:试验程序可参见 GB/T 17627.1。

6.3 型式试验

表 5 和表 6 分别规定了连接到低压配电系统的 SPD 和连接至电信及信号网络的 SPD 型式试验一般要求。

表 5 连接到低压配电系统的 SPD 的型式试验内容

试 验 项 目	对应条款	室外型			室内型			易触及的			不易触及的			固定式			移动式		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
标志、铭牌	6.3.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
接线端子和连接	6.3.2.1.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
电气间隙和爬电距离	6.3.2.1.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
耐漏电起痕	6.3.2.1.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
介电强度	6.3.2.1.4	•	•	•															
IP 代码试验	6.3.2.1.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
I、II、III 级分类试验	6.3.2.2.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
测量限制电压	6.3.2.2.2.1 c)	•	•		•	•		•	•		•	•		•	•		•	•	
	6.3.2.2.2.1 d)	•	•		•	•		•	•		•	•		•	•		•	•	
	6.3.2.2.2.1 e)或 f)			•			•			•			•			•			•

表 5(续)

试 验 项 目		对应条款	室外型			室内型			易触及的			不易触及的			固定式			移动式		
			I	Ⅱ	Ⅲ	I	Ⅱ	Ⅲ	I	Ⅱ	Ⅲ	I	Ⅱ	Ⅲ	I	Ⅱ	Ⅲ	I	Ⅱ	Ⅲ
动作负载试验	续流大小试验	6.3.2.2.3.1 c)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	I、Ⅱ级预试验	6.3.2.2.3.1 e)	●	●		●	●		●	●		●	●		●	●		●	●	
	I、Ⅱ级试验	6.3.2.2.3.1 f)	●	●		●	●		●	●		●	●		●	●		●	●	
	Ⅲ级试验	6.3.2.2.3.1 g)			●			●			●			●			●			●
脱离器试验	动作负载	6.3.2.2.4.1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	热稳定性	6.3.2.2.4.2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
短路承受能力		6.3.2.2.4.3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TOV 故障试验		6.3.2.2.5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
待机功耗和残流		6.3.2.2.6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TOV 耐受试验		6.3.2.2.7	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
撞击试验		6.3.3.2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
耐腐蚀试验		6.3.3.4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
防直接接触试验		6.3.5.1				●	●	●	●	●	●				●	●	●	●	●	●
耐热性试验		6.3.5.3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
绝缘性能试验		6.3.5.4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
阻燃性试验		6.3.5.5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
注																				
1 6.3.2.1.3 项试验对陶瓷绝缘物质和爬电距离大于表 1 或表 2 所列值 2 倍时可不进行。																				
2 6.3.2.2.1 项试验分别对应进行,如Ⅲ级分类试验产品无须做Ⅰ级分类试验。																				
3 6.3.2.2.2.1 b)项试验仅对不知内部设计是否有开关元件的 SPD 进行,未列入表 5 中。																				
4 对移动式 SPD 应进行 6.3.3.1 项试验和 6.3.3.3 项,未列入表 5 中。																				
5 对双口 SPD 和输入/输出端口分开的 SPD 应进行 6.3.6.1 项试验,未列入表 5 中。																				
6 6.3.2.1.5 项 IP 代码试验在生产厂有标称值时才进行。																				
7 6.3.3.2 撞击试验仅对与防直接接触的有关部件进行。6.3.3.4 耐腐蚀试验见 GB 17464。																				
8 脱离器试验只有在有脱离器时才进行。																				
9 6.3.5.5 阻燃性试验只对用绝缘材料制成的外部零件的 SPD 进行。																				

表 6 连接至电信及信号网络的 SPD 的型式试验内容

试 验 项 目	对应条款	无限流元件的 SPD	有限流元件的 SPD	室外型			室内型			有增强传输的 SPD	用于非正常环境中	
				A 类	B 类	C 类	A 类	B 类	C 类		无限流元件	有限流元件
标志、铭牌	6.3.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
接线端子和连接	6.3.2.1.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
电气间隙和爬电距离	6.3.2.1.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
耐漏电起痕	6.3.2.1.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
介电强度试验	6.3.2.1.4			•	•	•					•	•
IP 代码试验	6.3.2.1.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

表 6(续)

试 验 项 目	对应条款	无限流元	有限流元	室外型			室内型			有增强传	用于非正常环境中	
		件的 SPD	件的 SPD	A 类	B 类	C 类	A 类	B 类	C 类	输的 SPD	无限流元件	有限流元件
I、II、III 级分类试验	6.3.2.2.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
测量限制电压	6.3.2.2.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
动作负 载试验	交流试验	6.3.2.2.3.2 a)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	冲击试验	6.3.2.2.3.2 b)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
撞击试验	6.3.3.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
耐腐蚀试验	6.3.3.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
防直接接触试验	6.3.5.1	•	•				•	•	•	•		
耐热性试验	6.3.5.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
绝缘性能试验	6.3.5.4.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
阻燃性试验	6.3.5.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
冲击复位时间试验	6.3.6.2.1			•		•	•		•			
过载故障模式试验	6.3.6.2.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
限流元 件试验	额定电流	6.3.6.2.4.1	•									•
	串联电阻	6.3.6.2.4.2	•									•
	电流响应时间	6.3.6.2.4.3	•									•
	电流复位时间	6.3.6.2.4.4	•									•
	最大断路电压	6.3.6.2.4.5	•									•
	工作状态	6.3.6.2.4.6	•									•
	交流耐受能力	6.3.6.2.4.7	•									•
	冲击耐受能力	6.3.6.2.4.8	•									•
高温高湿耐受能力试验	6.3.6.2.5										•	•
注 1 适应传输性能试验选择内容见表 18,测试方法见 6.3.2.3.1~6.3.2.3.8,本表未列入。 2 6.3.6.2.1 项试验仅对有开关元件的 SPD 进行。 3 6.3.6.2.3 项试验仅对多级 SPD 进行,本表不列入。 4 表 5 中的注 1、2、6、7、8、9 适用于表 6。												

6.3.1 标志、铭牌、使用说明书

6.3.1.1 标志与使用说明书的认证

通过逐项检查确定标志和使用说明书的内容是否符合本部分 7 的内容。

6.3.1.2 铭牌耐久性试验

除了用压印、模印、冲压和雕刻方法制成的以外,其他所有铭牌均应进行以下试验。

用一块浸湿水的棉布在铭牌上来回擦 15 次,约每秒钟一次,之后再用一块浸湿聚脂族乙烷溶液的棉花擦 15 s,溶液内芳族体积分数最大为 0.1%,贝壳松脂丁醇值为 29,初沸点约 65℃,干点约为 69℃,密度为 0.68 g/cm³。

试验后,铭牌上标志应是牢固清晰可见的,不应发生铭牌卷曲或脱落。

6.3.2 电气性能试验

6.3.2.1 一般电气性能试验

6.3.2.1.1 连接端子及其连接

6.3.2.1.1.1 一般试验步骤

SPD 的连接端子(每种结构使用三个试品)应按下列要求连接导体,除非另有规定:

——对于双口 SPD 及输入/输出分开单口 SPD 连接导体的截面积应符合表 7 要求。I 级分类试验的 SPD 和单口、 I_n 值大于(或等于)5 kA 的 II 级分类试验的 SPD 其连接端子的额定连接容量不应小于 4 mm²。

——对于其他单口 SPD,根据生产厂的安装指南连接。

然后将 SPD 固定在一块 20 mm 厚涂有无光泽黑漆的木板上。

试验中,不允许拆卸 SPD 部件或施加额外维护。

表 7 螺钉型或非螺钉型接线端子能连接的铜导体的截面积

最大持续负载电流 I/A	能夹紧的标称截面积范围(单根导体)	
	ISO mm ²	AWG-接线端子
$I \leq 13$	1~2.5	18~14
$13 < I \leq 16$	1~4	18~12
$16 < I \leq 25$	1.5~6	16~10
$25 < I \leq 32$	2.5~10	14~8
$32 < I \leq 50$	4~16	12~6
$50 < I \leq 80$	10~25	8~3
$80 < I \leq 100$	16~35	6~2
$100 < I \leq 125$	25~50	4~1

注 1: 对于电流值小于或等于 50 A,要求接线端子的结构能紧固实芯导体以及硬性多股绞线,也允许使用软导线。但对于标准截面积为 1 mm²~6 mm² 的接线端子,允许其结构只能紧固实芯导体。

注 2: AWG 为北美线规号,对应公制如下:

AWG	18	16	14	12	10	8	6	4	3	2	1
公制(mm ²)	0.82	1.3	2.1	3.3	5.3	8.4	13.3	21.1	26.7	33.6	42.4

注 3: 连接端子额定连接容量(mm²)的推荐选用值有如下系列:

mm ²	0.5	0.75	1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35
-----------------	-----	------	---	-----	-----	---	---	----	----	----	----

额定连接容量是指生产厂规定的可连接的最粗硬导线的横截面积。

6.3.2.1.1.2 螺钉型接线端子:

a) 螺钉、螺母和连接的可靠性试验:

除直观检查外,螺钉或螺母需按以下内容试验;

拧紧及拧松螺钉或螺母:

——10 次(适用于与绝缘材料螺纹啮合的螺钉);

——5 次(其他情况)。

与绝缘材料螺纹啮合的螺钉或螺母,每次应完全旋出后再旋入,除非螺钉有防松结构。

试验过程中,可借助合适的螺丝刀或扳手施加表 8 所列的扭矩拧紧。不得用力猛拧螺钉或螺母。每次拧松螺钉或螺母时,要更换新导线或移开导体。

表 8 螺钉的螺纹直径和应施加的扭矩

螺纹标称直径 d/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 栏扭矩适用于螺钉拧紧后不露出孔外的无头螺钉以及它不能用刀口宽于螺钉直径的螺丝刀来拧紧其他的螺钉。

第 II 栏扭矩适用于利用螺丝刀拧紧的其他螺钉。

第 III 栏扭矩适用于除用螺丝刀之外的工具来拧紧其他螺钉和螺母。

如果螺钉带有可用螺丝刀紧固的带槽六角头,以及第 II 和第 III 栏的数值不同时,则应进行两次试验,第一次对六角头施加第 III 栏扭矩(不用螺丝刀),第二次在更换试品后(共有 3 个试品)用螺丝刀施加第 II 栏扭矩,如果两列扭矩数值相等,则仅用螺丝刀进行一次试验。

在试验过程中,已被螺钉紧固的连接件不应松动,并且不应有妨碍 SPD 继续使用的损坏,例如螺钉断裂或螺钉头上的槽、螺纹、垫圈、螺纹钉夹头损坏等。

此外,通过直观检查,外壳和盖子也不应损坏。

b) 连接外部导体的接线端子的可靠性试验:

通过直观检查和以下 1)、2)、3)的试验来检查其是否符合要求。

这些试验应用合适的螺丝刀或扳手施加表 8 所列的扭矩。

1) 与连接端子相连的铜质导体截面积应选表 7 所规定的最大截面积或最小截面积,实芯或多股绞合铜线中最不利的一种导体。

第一步把导体插入连接端子规定的最小深度,如果生产厂没有规定插入深度,则可将外部导体插入至刚好冒出端子的另一侧,并处于最易使线丝脱出的位置。

第二步用螺丝刀施加表 8 所列对应扭矩的三分之二,把外部导体与连接端子用螺钉紧固。

第三步用表 9 所规定的拉力沿导体的轴向拉每根导体 1 min,注意不能猛拉。

在试验过程中,插入的导体不应有可察觉的位移。

表 9 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

2) 与连接端子相连的铜质导体截面积应选表 7 所规定的最大截面积或最小截面积,实芯或多股绞合铜线中最不利的一种导体。

外部导体插入连接端子深度为规定的最小深度,如果生产厂没有规定插入深度,则可将外部导体插入连接端子至刚好露出另一端止,并处于最易使线丝脱出的位置。之后用表 8 所示对应的扭矩的三分之二拧紧螺钉,再松开,检查外部导体及端子。

外部导体不能有压痕等过度疲劳及伤痕等。

在试验过程中,连接端子的螺钉不能变松,也不能出现影响连接端子继续使用的损伤,如螺钉断裂、螺钉头和螺纹、垫圈等出现伤痕。

3) 连接端子与符合表 10 的硬的绞合导线的连接。

在插入端子前,导线束的接头应进行适当的整形。

表 10 硬的绞合导线尺寸

能被夹紧的标称截面范围/mm ²	硬的绞合导线	
	导线股数	每股线直径/mm
1~2.5*	7	0.67
1~4*	7	0.85
1.5~6*	7	1.04
2.5~10	7	1.35
4~16	7	1.70
10~25	7	2.14
16~35	19	1.53
25~50	正在考虑中	正在考虑中

* 如果接线端子仅用来夹紧实芯导体时(见表 7 注),不进行此试验。

硬绞合导线插入连接端子深度为规定的最小深度,如果生产厂没有规定插入深度,则可将绞线插入连接端子至刚好露出另一端口,并且是处于最易使线丝脱出的位置。

之后用螺丝刀施加表 8 所列对应扭矩的 2/3,把硬绞合导线与连接端子用螺钉紧固。

试验后,绞线束中应没有一根丝线脱离 SPD 端子。

6.3.2.1.1.3 非螺钉型接线端子与导体的连接的拉力试验

对于双口 SPD,外部导体与端子连接截面积按表 7 规定的最大截面积与最小截面积各取一根试验。对于单口 SPD 则根据生产厂提供的标准额定连接截面积,连接好端子与外部导体。然后对每一根外接导体施加表 9 所列拉力,方向为导线的轴向,均匀施力时间为 1 min,不能猛拉。

在试验过程中,导体相对于端子不能有明显位移,且无伤痕。

6.3.2.1.1.4 绝缘刺穿连接

a) 用于单芯连接导体的 SPD 端子的拉力试验

把具有表 7 规定的最大截面积与最小截面积的,铜质实芯或绞合导线中最不利的一种导体与接线端子卡接。

如果有螺钉,应按表 8 规定的扭矩紧固螺钉。

连接和脱离导体 5 次,每次使用新的导体。每次连接紧固后,沿导线轴向方向施加表 11 所列拉力 1 min。注意不能猛拉。

表 11 拉力(非螺钉型接线端子)

导线的截面积/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

试验后,导体与接线端子不能有明显位移,也不能有伤痕。

b) 多芯线缆与 SPD 端子的拉力试验

多芯线缆与 SPD 端子连接的拉出试验步骤与 6.3.2.1.1.4 a) 一样,只是拉力要均匀施加在多芯线上而不是单芯线上。

拉力按公式(1)计算:

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

式中:

F ——是施加的总拉力;

n ——多芯线缆芯数;

$F(X)$ ——按单根导线的截面积施加在单芯线上的拉力(见表 11)。

试验后,线缆不应滑动或脱出端子。

注:非螺钉型插入式接线端子只需将导线简单的插入来实现连接,脱开导线要使用工具或与夹紧件成一整体的合适的器件来打开,然后再拔出导线。不能只靠拉拔导线来脱开。

6.3.2.1.1.5 插头和插座

通过直观检查和试验检验其是否符合要求,插头和插座试验见 GB 2099.1。

6.3.2.1.2 电气间隙和爬电距离的检验

6.3.2.1.2.1 室外型 SPD 的电气间隙和爬电距离应符合表 1 的要求。

6.3.2.1.2.2 室内型 SPD 的电气间隙和爬电距离应符合表 2 的要求。

6.3.2.1.2.3 试验的测量方法

在不接导线和连接最大截面积导线时,分别测量电气间隙和爬电距离。

在用圆头螺钉和螺母的情况下,假定它们处于最不利的紧固位置(能起紧固作用,但使空气间隔最小)。如果内部有隔板,测量时要越过隔板;如果隔板由不连在一起的两部分组成(中间有空气间隙),则直接通过分开气隙进行测量。如果绝缘物质外表部分具有缝或洞孔,则测量时用一片金属薄膜贴在可触及的表面对它测量距离,注意不要将金属薄膜压进孔内。用标准测试指试验时应将金属薄膜推进到各个角落及类似的地方。

在测量爬电距离时,如果有一宽度不小于 1 mm 的凹痕或槽,把槽侧面计入爬电距离;对于小于 1 mm 的槽,只考虑其宽度。

当出现由不粘连在一起的两部分组成的隔板时,直接通过分开气隙测量爬电距离。如果载流部件与隔板之间的间距小于 1 mm,则只考虑通过分开表面的距离,这一距离看作是爬电距离;如果间距不小于 1 mm,则要考虑全部距离,即把空气间隙和通过分开表面的距离之和,作为电气间隙。如果金属部分覆盖着厚度至少为 2 mm 的凝固树脂(或绝缘物)且能承受表 12 中所规定的试验电压,则不必测量电气间隙和爬电距离。

6.3.2.1.2.4 中间填料不应满过槽孔的边缘,且应牢固地附着在槽孔壁及其中的金属物上。

试验:目检和不使用工具即可取出填料。

6.3.2.1.3 耐漏电起痕

对陶瓷绝缘物质及爬电距离大于等于表 1 或表 2 所列值的 2 倍的 SPD,可不进行此项试验。进行试验时应采用 GB/T 4207 中溶液 A,用 175 V 电压进行测试。具体见 GB/T 4207。

6.3.2.1.4 介电强度试验

本试验只在室外型 SPD 外壳的接线端子之间进行。试验时按 GB/T 16927.1 对试品喷洒一些其他物质(如水)。

对于室内型 SPD,按规定仅测量绝缘电阻。

应用表 12 所规定交流电压值进行试验。起始电压不超过规定值的一半,并且在 30 s 之内把电压升高到规定值,保持 1 min。

表 12 介电强度试验电压值

SPD 最大持续运行电压/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
$600 < U_c \leq 1\,200$	4.2
$1\,200 < U_c \leq 1\,500$	5.8

在试验过程中不允许有飞弧或击穿现象,如果出现局部放电而电压的变化小于 5% 是允许的。

用于试验的电源变压器应设计成在开路的接线端子间将电压调到测试电压后,如将接线端子短路,应产生不小于 200 mA 短路电流。如有过电流继电器,则仅当试验电路电流超过 100 mA 时才应动作。测试试验电压的仪表应具有 $\pm 3\%$ 的精度。

注:分开电路间介电强度的试验可参见 GB 14048.5。

6.3.2.1.5 防止固体物和水的进入

按 GB 4208 规定进行试验(核对 IP 代码)。

6.3.2.2 电涌保护电气性能试验

6.3.2.2.1 I、II、III 级分类试验

a) I 级分类冲击电流试验

冲击电流 I_{imp} 规定包括电流峰值 I_{peak} 和电荷 Q 。冲击电流 I_{imp} 应在 10 ms 内达到规定的电荷量 Q , $Q = 0.5 I_{peak}$ 。表 13 是单极冲击电流的典型波形参数。在试验中应计算冲击电流 I_{imp} 的比能量 W/R (电阻为 $1\ \Omega$ 的耗能)。

电流峰值 I_{peak} 及电荷量 Q 的容差:

—— $I_{peak} \pm 10\%$

—— $Q \pm 10\%$

表 13 I 级分类试验参数

电流峰值 I_{peak}/kA	电荷 $Q/A \cdot s$
20	10
10	5
5	2.5
2	1
1	0.5

注:当生产厂给出的值不同于表 13 时, I_{peak} 和 Q 的数值关系可由公式 $Q(A \cdot s) = 0.5 I_{peak}$ 计算出。

b) I 级分类及 II 级分类 SPD 标称放电电流预试验中

I_n 采用 8/20 μs 波形。电流波形的容差:

—— 峰值 $\pm 10\%$

—— 波头时间 $\pm 10\%$

—— 半峰值时间 $\pm 10\%$

在冲击波上允许小的过冲或振荡,但其幅值不应超过峰值的 5%,当电流下降到零后,反极性的振荡值不应大于峰值的 20%。

对于双口 SPD,冲击波的反极性振荡幅值不应大于峰值的 5%,以免影响限制电压的测量。

测量流过 SPD 的电流时,其相对误差不应大于 $\pm 3\%$ 。

c) I 级分类及 II 级分类冲击电压试验中

采用 $1.2/50\ \mu\text{s}$ 电压波形,电压波形的容差为:

- 峰值 $\pm 3\%$
- 波头时间 $\pm 30\%$
- 半峰值时间 $\pm 20\%$

注:必须强调容差为规定值与测量值之间的允许偏差。它们和测量误差不同,测量误差为实际记录值与真值之差。

对某些试验回路在冲击电压波峰附近可能发生振荡或过冲。如果此振荡的频率大于 $500\ \text{kHz}$ 或过冲的持续时间短于 $1\ \mu\text{s}$,则应画一条电压波形平均曲线,取该曲线的最大幅值为试验电压的峰值。

SPD 连接端子处测量电压的相对误差不应大于 $\pm 3\%$,测量设备应至少具有 $25\ \text{MHz}$ 的带宽,且过冲应小于 3% 。

冲击发生器的短路电流应小于被试品的标称放电电流的 20% 。

d) III 级分类混合波试验

混合波发生器产生 $1.2/50\ \mu\text{s}$ 冲击电压加于开路电路、 $8/20\ \mu\text{s}$ 冲击电流加于短路电路。

在混合波发生器没有退耦装置时,测量应满足以下要求。

开路电压 U_{oc} 的容差:

- 峰值 $\pm 3\%$
- 波头时间 $\pm 30\%$
- 半峰值时间 $\pm 20\%$

假如单个波峰的幅值低于峰值的 5% ,在峰值附近电压起始过冲或振荡是允许的。在常用的冲击发生器回路中,在峰值的 90% 以下波前部分的振荡对测量结果影响很小,一般可忽略。这些冲击基本上应是单向的。

短路电流的容差:

- 峰值 $\pm 10\%$
- 波头时间 $\pm 10\%$
- 半峰值时间 $\pm 10\%$

如果单个波峰幅值是低于峰值的 5% ,在峰值附近起始过冲或振荡电流是允许的。当电流下降到零后,反极性振荡幅值应小于峰值的 20% 。

对于双口 SPD,当电流下降到零后,反极性振荡幅值应小于峰值的 5% ,这样才不会影响实测限制电压。

发生器虚拟阻抗的额定值为 $2\ \Omega$ 。

开路电压 U_{oc} 峰值与短路电流 I_{sc} 峰值的最大值分别为 $20\ \text{kV}$ 和 $10\ \text{kA}$,当试验超过此值时,应用 II 级分类试验方法。

表 14 III 级试验波形参数的容差

试 验 波 形	参 数 容 差	
	开路电压 U_{oc}	短路电流 I_{sc}
峰值/(kV/kA)	$\pm 3\%$	$U_{oc}/2\Omega \pm 10\%$
波头时间/ μs	$1.2 \pm 30\%$	$8 \pm 10\%$
半峰值时间/ μs	$50 \pm 20\%$	$20 \pm 10\%$
注:本表包括退耦器的作用(退耦滤波器)。		

进行混合波试验时,在电路中插入退耦滤波器,如图 1 和图 2 所示,此电路配置仅用于确定 SPD 实测限制电压。在验证波形时,应将受试 SPD 上的 L、N 和 PE 线连接在一起模拟电源的阻抗。

在 SPD 接入的端口处,波形参数的容差见表 14。

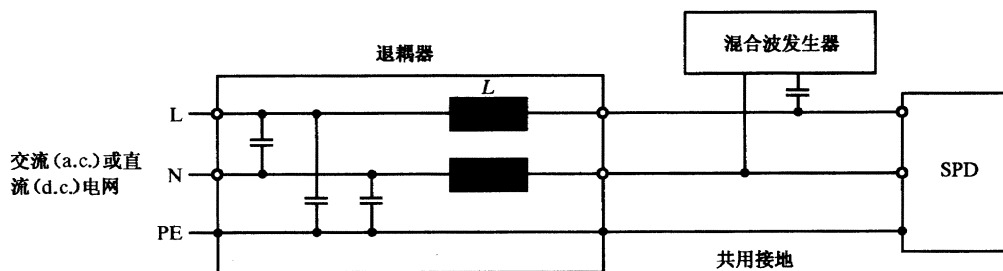


图 1 单相系统中插入退耦器的示例

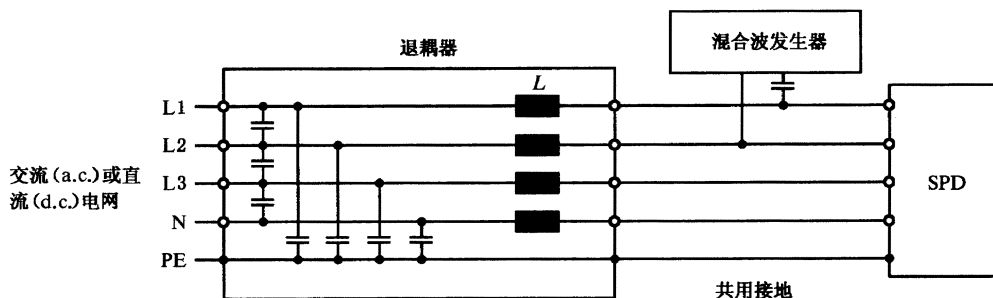


图 2 在三相系统中插入退耦器的示例

6.3.2.2.2 实测限制电压

6.3.2.2.2.1 连接至低压配电系统 SPD 实测限制电压

a) 应按图 3 所示流程分别对 I、II、III 级分类试验产品进行测试。

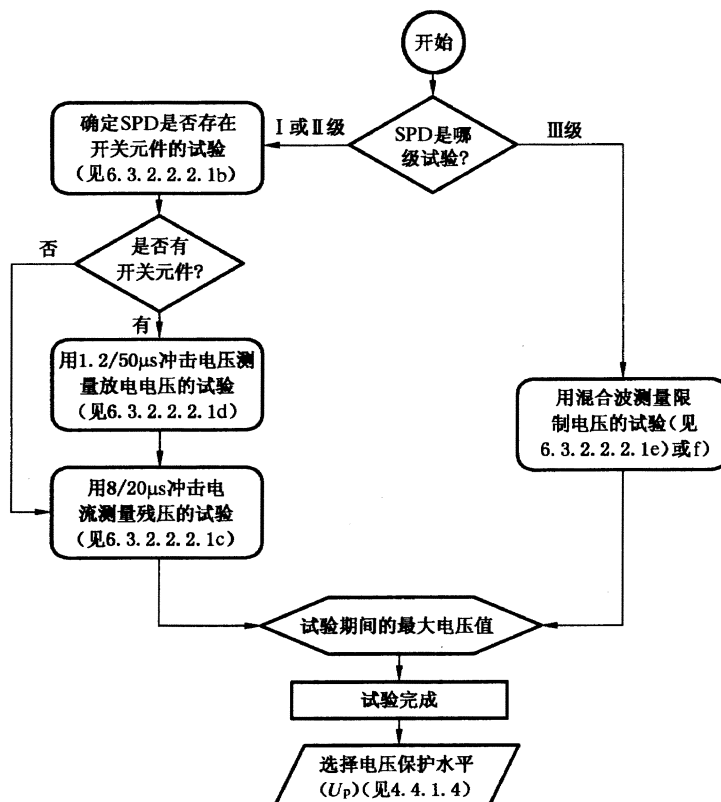


图 3 确定电压保护水平 U_p 的流程图

试验条件如下：

- 1) 对于单口 SPD 应进行无激励试验；对于双口 SPD 应进行激励试验，其电源电压为 U_0 时，标称电流不应小于 5 A，除非生产厂能说明其产品无论激励与否，其实测限制电压无差异。

- 2) 对于输入/输出端没有分开的单口 SPD,测量点应选在施加冲击的同一端子上。对于双口 SPD 和输入/输出端口分开的单口 SPD,测量点选在 SPD 连接负载的端子上。
- 3) 试验时,与 SPD 串联及与负载并联安装的附加装置如:脱离器、灯泡、状态指示器、熔丝等部件均不得拆除。
- 4) 为取得可比性,I、II 类产品均用 8/20 μ s 波形。

b) 确定在 SPD 中是否有开关型元件的试验步骤

本试验只针对不知道内部设计的 SPD,应用新试品进行此项试验。

对于 I 级和 II 级分类试验的 SPD 用 8/20 μ s 波形电流进行试验,幅值为生产厂标称的 I_{peak} 或 I_{max} 。对于 III 类 SPD,则用混合波进行试验, U_c 用生产厂提供的值。

对 SPD 试品施加一次冲击(对于双口 SPD,应对其输入/输出端施加冲击)。

用示波器观察通过 SPD 的电压波形(对于双口 SPD,在冲击施加端观察波形),如果电压波形有一个突然的下降,则 SPD 中含有开关型元件。

c) 用 8/20 μ s 冲击电流测量残压的试验步骤

- 1) 依次施加峰值约为 0.1 I_n 、0.2 I_n 、0.5 I_n 、 I_n 、2 I_n 的 8/20 μ s 电流脉冲共五次。

注:如果 2 I_n 超过最大放电电流值(I_{max}),则只施加到 1.2 I_n 止。

- 2) 进行 1) 中正极性电流冲击后,然后改变电流极性再进行试验五次。
- 3) 如果 I_{peak} 值或 I_{max} 值比标称放电电流 I_n 大(一般均如此),则选 1)、2) 试验中残压大者的相同极性的电流 I_{peak} 或 I_{max} 进行一次冲击试验。
- 4) 每两次试验的时间间隔应足以使试品冷却至环境温度。
- 5) 用示波器记录每次试验时的电压及电流波形。并应绘制出放电电流与残压的绝对值峰值图,然后用光滑曲线连接各数据点。曲线上应有足够数量的点使得曲线上直至 I_{max} 或 I_{peak} 没有严重的偏离。
- 6) 用来确定实测限制电压的残压定义为 5) 中绘制的曲线在对应于以下电流范围内的最高电压值:

—— I 级分类 SPD 试验:从 0.1 I_n 至 I_{peak} 或 I_n 取大的一个;

—— II 级分类 SPD 试验:从 0.1 I_n 至 I_n 。

d) 用 1.2/50 μ s 冲击电压测量放电电压的试验步骤

采用 1.2/50 μ s 冲击电压波。

- 1) 以规定振幅的冲击电压对 SPD 冲击 10 次;其中五次为正极性,五次为负极性。
- 2) 每两次冲击的时间间隔应足以使 SPD 冷却至环境温度。
- 3) 发生器的输出电压从 U_c 值起,之后以每次增加 10%,直至 SPD 发生放电,从而测得放电电压。
- 4) 再以实测的放电电压前某一个值开始进行冲击试验,如未发生放电现象,则每次提高发生器输出电压 5%,直到某一数值下所有连续 10 次冲击均能放电为止(五次正极性,五次负极性)。在 SPD 端口用示波器记录电压波形。
- 5) 实测限制电压(放电电压)为 4) 中 10 次放电电压峰值(绝对值)的平均值。

e) 用混合波测量限制电压的试验步骤

采用标准混合波来试验。

- 1) 进行混合波试验时,SPD 要连在带退耦器的工频电源上,工频电源的电压为 U_c 。
- 2) 对于用于交流配电系统的 SPD,正极性混合波在电源电压正弦波相位角为 $90^\circ \pm 10^\circ$ 时施加,负极性混合波在电源电压正弦波相位角为 $270^\circ \pm 10^\circ$ 时施加。
- 3) 对于用于直流供电系统的 SPD,在 SPD 两端施加直流电压 U_c 。
- 4) 两次冲击的时间间隔应足以使试品冷却至环境温度。

- 5) 混合波发生器应设置成依次对试品施加如下开路电压值: $0.1 U_{oc}$ 、 $0.2 U_{oc}$ 、 $0.5 U_{oc}$ 、 $1.0 U_{oc}$ 。
- 6) 用 5) 中每一开路电压值对 SPD 进行四次冲击, 其中两次正极性, 两次负极性。
- 7) 每次冲击试验用示波器记录混合波发生器流入 SPD 的电流和 SPD 输出端口的电压。
- 8) 实测限制电压是整个试验系列中测到的电压峰值的最大值。
- f) 在不用退耦滤波器时混合波试验的替代试验(e)方法的替代试验

对内部串接有感抗元件的双口 SPD 在测量时因其内部的感抗与测试设备中退耦滤波器的电感相互作用, 从而会使测得的限制电压偏低, 这时就需应用图 4 所示的替代试验方法。

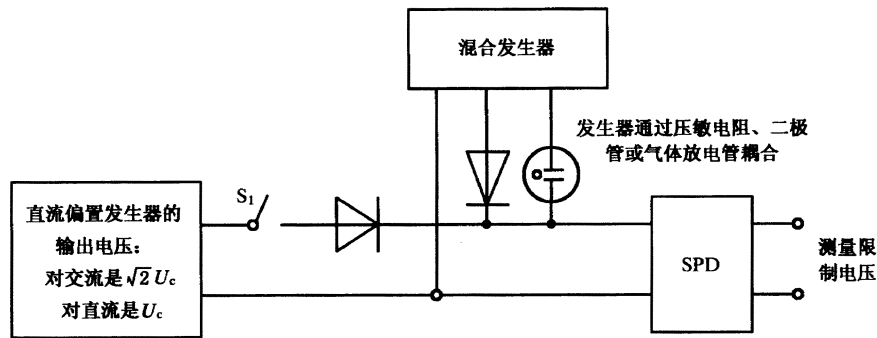


图 4 测量限制电压的替代试验原理图

对于内部串接有感抗元件的双口 SPD 的测试步骤, 除了 e) 中规定内容外尚应增加以下内容:

- 1) 试验发生器按图 4 连接。
- 2) 对用于交流配电系统的 SPD 通过二极管施加 $\sqrt{2} U_c$ 直流电压; 对用于直流供电系统的 SPD, 通过二极管施加 U_c 直流电压。按图 4 冲击通过二极管、气体放电管或压敏电阻施加在试品上。
- 3) 在开关 S_1 合上后至少经 100 ms 后施加冲击。直流电压应在冲击施加后 10 ms 内断开。
- 4) 反向连接发生器, 对 SPD 进行负极性冲击。
- 5) 两次冲击时间间隔应足以使试品冷却至环境温度。
- 6) 混合波发生器依次调整提供如下的开路电压: $0.1 U_{oc}$ 、 $0.2 U_{oc}$ 、 $0.5 U_{oc}$ 、 $1.0 U_{oc}$ 。 U_{oc} 值应由生产厂提供。
- 7) 在发生器设置的上述每种开路电压值对 SPD 施加四次冲击, 其中二次正极性和二次负极性。
- 8) 对每次冲击用示波器记录发生器流入 SPD 的电流和 SPD 输出端口的电压。
- 9) 实测限制电压是整个试验系列中在 SPD 输出端测得的电压峰值的最大值。

6.3.2.2.2.2 连接至电信及信号网络的 SPD 实测限制电压

- a) 与接至低压配电系统的 SPD 一样, 接至电信及信号网络 SPD 同样有开关型、限压型、组合型, 在 SPD 内部可能串有限流元件或无限流元件。与低压配电系统 SPD 的区别是, 电信、信号用 SPD 的端口数量一般较多, 有时含公共端口(见图 5)。

因此电信、信号用的 SPD 实测限制电压的试验与低压配电系统的 SPD 应有区别。

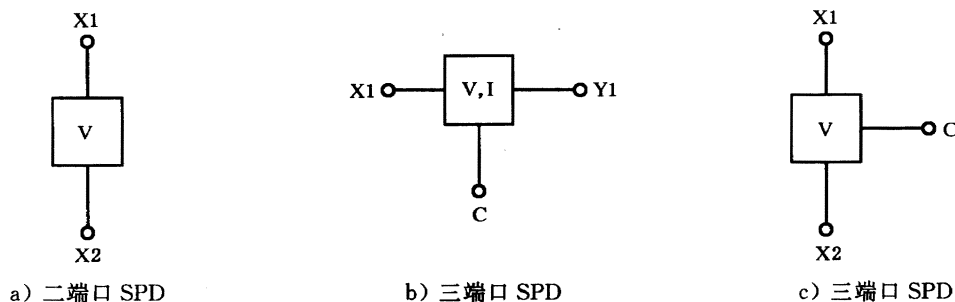
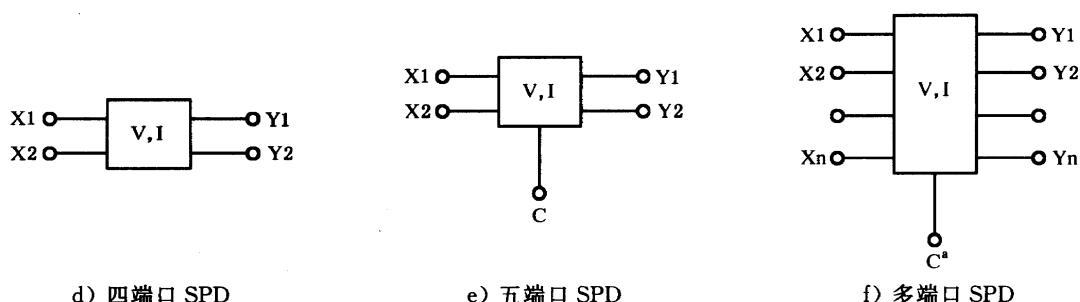


图 5 接至电信、信号网络的 SPD 各种结构示意图



图中:

V——限压元件;

V,I——限压元件和限流元件的组合;

X1,X2...X_n——线路端子;

Y1,Y2...Y_n——被保护线路端子;

C——公共端子。

a 可能不提供公共端 C。

图 5(续)

- b) 被测端子一般应接在 X1-C、X2-C 之间,只有在需要时才对 X1-X2 端子进行测试。
- c) 对有开关型元件的 SPD 应采用 1.2/50 μ s 冲击电压测试其放电电压。开路电压值和测试施加次数见表 15 中 C1 和 C2。试验时应采用不同极性进行,各占 50%,其他要求同 6.3.2.2.1 中 d) 的要求。
- d) 对生产厂标称在 1 kV/ μ s 时的输出限压值,用表 15 中 C3 的要求进行测试。
- e) 用生产厂标称值 I_n 测试残压的试验步骤同 6.3.2.2.1 中 c) 的规定。如果 SPD 为高能量型,尚应增加 I_{peak} 值的冲击试验, I_{peak} 的推荐选用值为 0.5 kA、1.0 kA、2.5 kA,见表 15 的 D1 和 D2。
- f) 表 15 中所列各项均要与生产厂标称值对应进行测试。然而,这些测试只有与 SPD 应用情况相一致时才进行。

注:对有公共端子的 SPD,应在没有施加冲击的线路端子上测量电压,详见 IEC 61643-21。

表 15 各类电信及信号网络用 SPD 实测限制电压试验的波形、电压、电流及次数

类别	测试类型	开路电压 ^a	短路电流	最小施加次数	被测端子
A1	非常低的上升速率 AC	≥ 1 kV 上升速率 0.1 kV/s 至 100 kV/s	10 A 0.1 A/ μ s 至 2 A/ μ s ≥ 1000 μ s(持续时间)	不要求	X1-C X2-C X1-X2 ^b
A2		从表 16 选取一种测试		单周	
B1	低上升速率	1 kV 10/1 000	100 A 10/1 000	300	
B2		1 kV 或 4 kV 10/700	25 A 或 100 A, 5/300	300	
B3		≥ 1 kV 100 V/ μ s	10 A, 25 A 或 100 A 10/1 000	300	
C1	快上升速率	0.5 kV 或 1 kV 1.2/50	0.25 kA 或 0.5 kA 8/20	300	
C2		2 kV, 4 kV 或 10 kV 1.2/50	1 kA, 2 kA 或 5 kA 8/20	10	
C3		≥ 1 kV 1 kV/ μ s	10 A, 25 A 或 100 A 100/1 000	300	
D1	高能量	≥ 1 kV	0.5 kA, 1 kA 或 2.5 kA 10/350	2	
D2		≥ 1 kV	1 kA 或 2.5 kA 10/250	5	

^a 开路电压可不为 1 kV,但应足以使受试 SPD 动作。

^b 仅在需要时才对 X1-X2 端子进行测试。

6.3.2.2.3 动作负载试验

6.3.2.2.3.1 用于低压交流配电系统的 SPD 动作负载试验

a) 试验流程见图 6。

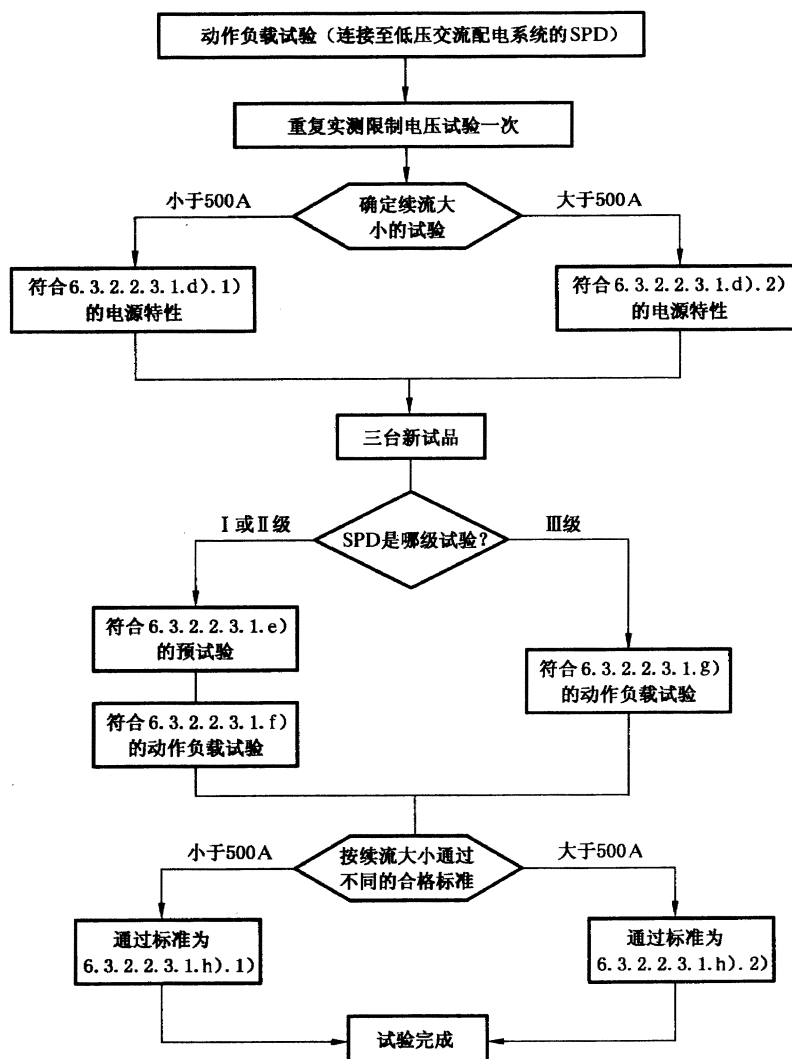


图 6 动作负载试验的流程图(连接至低压交流配电系统的 SPD)

b) 一般要求

用 3 个没有做过试验的新试品进行此项试验。

首先应按 6.3.2.2.2.1 规定的方法重复一次实测限制电压的试验。为避免试品过载,残压试验中只用 I_n 值,混合波试验中只用 U_{oc} 值,1.2/50 μ s 的放电电压试验仅用 6.3.2.2.2.1 d) 中 10 次试验的平均电压值进行一次试验。将此次试验结果记录下,留待试验结束后作对比。

试验时不得安装后备过电流保护,对于内部装有断路器(如剩余电流保护器 RCD)的 SPD,在动作负载试验时不必对其进行试验。

c) 确定续流大小的试验

试验的目的是确定经过 SPD 的续流峰值是否大于 500 A,如果已知 SPD 的内部设计和续流峰值,不做本试验。

1) 本试验选用一个单独的试品。

2) 预期短路电流 I_p 应大于或等于 1.5 kA,功率因数 $\cos\phi=0.95$ (容差在 0~ -0.05 之间)。注:功率因数(λ)为有功功率(P)与视在功率(s)之比,即 $\lambda=P/s$ 。

3) 把试品接入具有正弦交流的工频电源上,在 SPD 接线端子测得的工频电压的最大值应等

于最大持续运行电压 U_c (偏差在 0%~5% 之间), 交流电源的频率应符合 SPD 的额定频率。

- 4) 用 $8/20 \mu\text{s}$ 冲击电流或混合波激发 SPD 产生续流。
 - 5) 峰值应相当于 I_{peak} 或 I_{max} 或 U_{OC} 。
 - 6) 冲击电流的起始位置是在工频电压峰值前 60° 。此时它的极性应与冲击电流产生时的工频电压半波的极性一致。
 - 7) 如果在此同步点没有续流产生, 为进行续流试验, 则必须每滞后 10° 向 90° 相位靠近施加 $8/20 \mu\text{s}$ 冲击电流, 直到产生续流。
 - 8) 记录续流值。
- d) 预试验的工频电源特性要求
- 1) 续流小于 500 A 的 SPD

试品应接至工频电源上。电源的阻抗应在续流流经 SPD 时, 从其接线端子处测得的工频电压峰值的下降不超过 U_c 峰值的 10%。

2) 续流大于 500 A 的 SPD

试品应连接在工频电压为 U_c 的试验电路上。该电路的预期短路电流为生产厂按表 17 规定的额定预期短路电流值或 500 A, 二者取较大者。

e) I、II 级分类 SPD 的预试验

本试验应按 d) 的要求连接入电源, 对试品施加 $8/20 \mu\text{s}$ 正极性电流冲击 15 次。冲击分为三组, 每组为五次。每次冲击应和电源的频率同步。从 0° 相位开始施加第 1 个冲击, 之后应每次增加 $30^\circ \pm 5^\circ$ 施加下一个冲击。试验程序见图 7, 每次冲击间隔 50 s~60 s, 每组间隔 25 min~30 min。

当 SPD 按 I 级试验时, 施加的冲击电流值等于 I_{peak} 或 I_n , 二者取较大值者;

当 SPD 按 II 级试验时, 施加的冲击电流值等于 I_n 。

在两冲击组的间隔时间内, 试品上无需施加工频电压。

每次冲击时都应对电流进行记录。试品应无击穿或发生闪络。

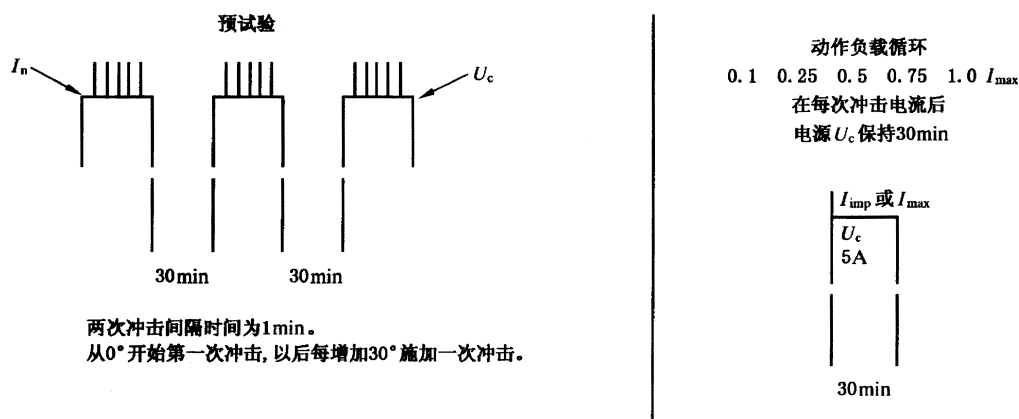


图 7 预试验和动作负载循环试验程序图

f) I、II 级分类试验 SPD 的动作负载试验

对本试验中, I 级分类试验的 SPD 试验波形为 $10/350 \mu\text{s}$, II 级分类试验的 SPD 试验波形为 $8/20 \mu\text{s}$, III 级分类试验的 SPD 用混合波形。试品施加最大持续工作电压 U_c , 且至少应具有 5 A 或以上的输出电流。然后对试品依次逐步施加冲击电流直至 I_{peak} (I 类) 或 I_{max} (II 类)。

每次冲击后, 用工频电压继续施加 30 min 以观察试品的热稳定: 如果在最后 15 min 内, 在 U_c 电压作用下试品的持续运行电流 I_c 的阻性分量或功耗稳定, 则认为试品具有热稳定性。

每个正极性冲击电流应在工频电压处于正极性峰值时施加。具体方法如下:

第 1 个冲击 $0.1I_{\text{peak}}$ (或 I_{max})、第 2 个冲击 $0.25I_{\text{peak}}$ (或 I_{max})、第 3 个冲击 $0.5I_{\text{peak}}$ (或 I_{max})、第 4 个冲击 $0.75I_{\text{peak}}$ (或 I_{max})、第 5 个冲击 $1.0I_{\text{peak}}$ (或 I_{max})。每次施加冲击电流, 应检查热稳定性, 待试品冷却至

环境温度后再进行下一次冲击,时间间隔为 30 min。

g) III 级分类试验 SPD 的动作负载试验

对 III 级分类 SPD 进行动作负载试验应按 d) 的要求按续流是否大于 500 A 而使用不同的工频电源。

通过一个退耦器把混合波发生器与试品相连(见 6.3.2.2.1d),混合波开路电压 U_{oc} 应符合生产厂标称值,波形参数的容差应符合表 14 要求。

根据 e) 中规定的试验步骤对试品进行预试验。由于采用混合波,故 e) 中的 I_n 由开路电压 U_{oc} 替代。混合波电流脉冲在相应工频电源的半峰值时加上,且与工频电压的极性相同。

按 f) 中规定的试验程序对试品进行动作负载试验(用开路电压为 U_{oc} 的混合波发生器)。

- 1) 用 $0.1U_{oc}$ 进行正负极性冲击各一次,并检查热稳定性后冷却至环境温度。
- 2) 用 $0.25U_{oc}$ 进行正负极性冲击各一次,并检查热稳定性后冷却至环境温度。
- 3) 用 $0.5U_{oc}$ 进行正负极性冲击各一次,并检查热稳定性后冷却至环境温度。
- 4) 用 $0.75U_{oc}$ 进行正负极性冲击各一次,并检查热稳定性后冷却至环境温度。
- 5) 用 $1.0U_{oc}$ 进行正负极性冲击各一次,并检查热稳定性后冷却至环境温度。

根据 h) 判定试品是否合格。

h) 合格标准

如果每次预处理的冲击和动作负载循环试验后 SPD 能达到热稳定,则通过试验。此外,任何续流应能自熄灭弧,电压和电流示波图及目测检查试品应没有击穿或闪络的现象,在试验过程中不应发生机械损坏。

对 SPD 应再施加一次 I_n 或 U_{oc} 的冲击,SPD 施加 U_c 30 min,此后 SPD 应达到热稳定。在整个试验程序完成且试品冷却到接近环境温度以后,应重复程序开始时所进行的实测限制电压试验。如果试验前和试验后所测量的电压小于或等于 U_p ,则 SPD 通过试验。

然后,试品连接至一个额定频率及最大持续运行电压(U_c) 的电源,试验变压器至少应具有 200 mA 的短路电流能力(除非生产厂提出另外的电流值)。测量流过试品的电流,其阻性分量(在正弦波峰值处测量)不应超过 1 mA。

6.3.2.2.3.2 连接至电信,信号网络的 SPD 动作负载试验

a) 交流负载试验

按图 8 所示连接 SPD。从表 16 选取交流短路电流值。施加规定的电流于受试 SPD 上,施加电流的时间间隔应足以防止热量的积累。开路电压应足够高以使 SPD 完全导通。在测试之前以及施加规定次数交流电流之后,SPD 应符合绝缘电阻、限制电压、冲击复位时间和串联电阻的要求。

如图 8 所示,应在 X1-C 及 X2-C 间测试,在特殊需要时,对图 8 中的 c) 和 e) 也可在 X1-X2 间测试。

对有共用分流元件的 SPD 的测试,生产厂应说明共用分流元件的最大冲击电流值。

最大冲击电流值可以小于每一线路端子最大电流容量的 n 倍(n 为线路端子数)。对这些 SPD 应对公共端和所有线路端子同时进行测量。带有各自分流元件的 SPD,应分别在每个线路端子与共用端子间进行测试。

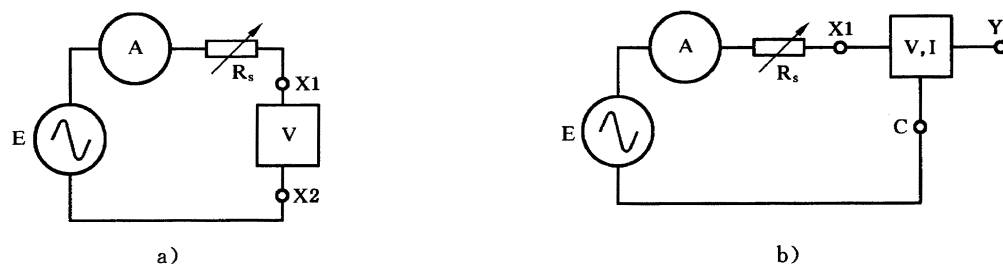
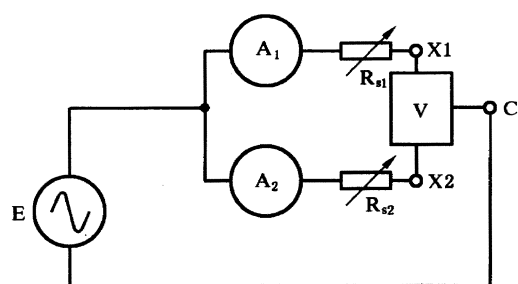
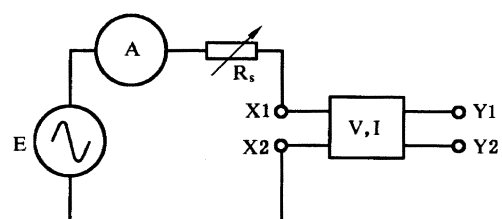


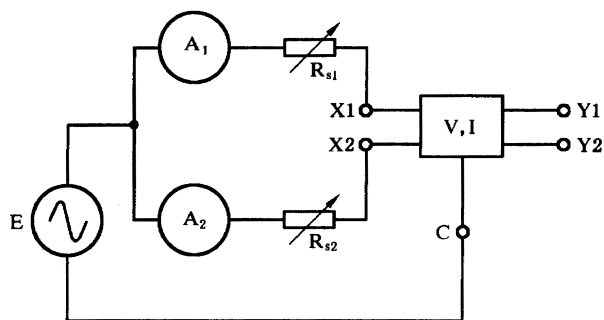
图 8 交流动作负载和过载故障模式的测试电路原理图



c)



d)



e)

A, A_1, A_2 ——电流表;

E——交流电压源；

 R_s, R_{s1}, R_{s2} ——电压源无感电阻;

V——限压元件；

V, I——限压元件和限流元件的组合;

X1,X2——线路端子;

Y1,Y2——被保护线路端子;

C——公共端子。

图 8(续)

表 16 交流负载试验的推荐短路电流值

48 Hz~62 Hz 每个被测端子上的短路电流 $I/A(r.m.s)$	持续时间/s	施加次数
0.1	1	5
0.25	1	5
0.5	1	5
0.5	30	1
1	1	5
1	1	60
2	1	5
2.5	1	5
5	1	5
10	1	5
20	1	5

b) 冲击负载试验

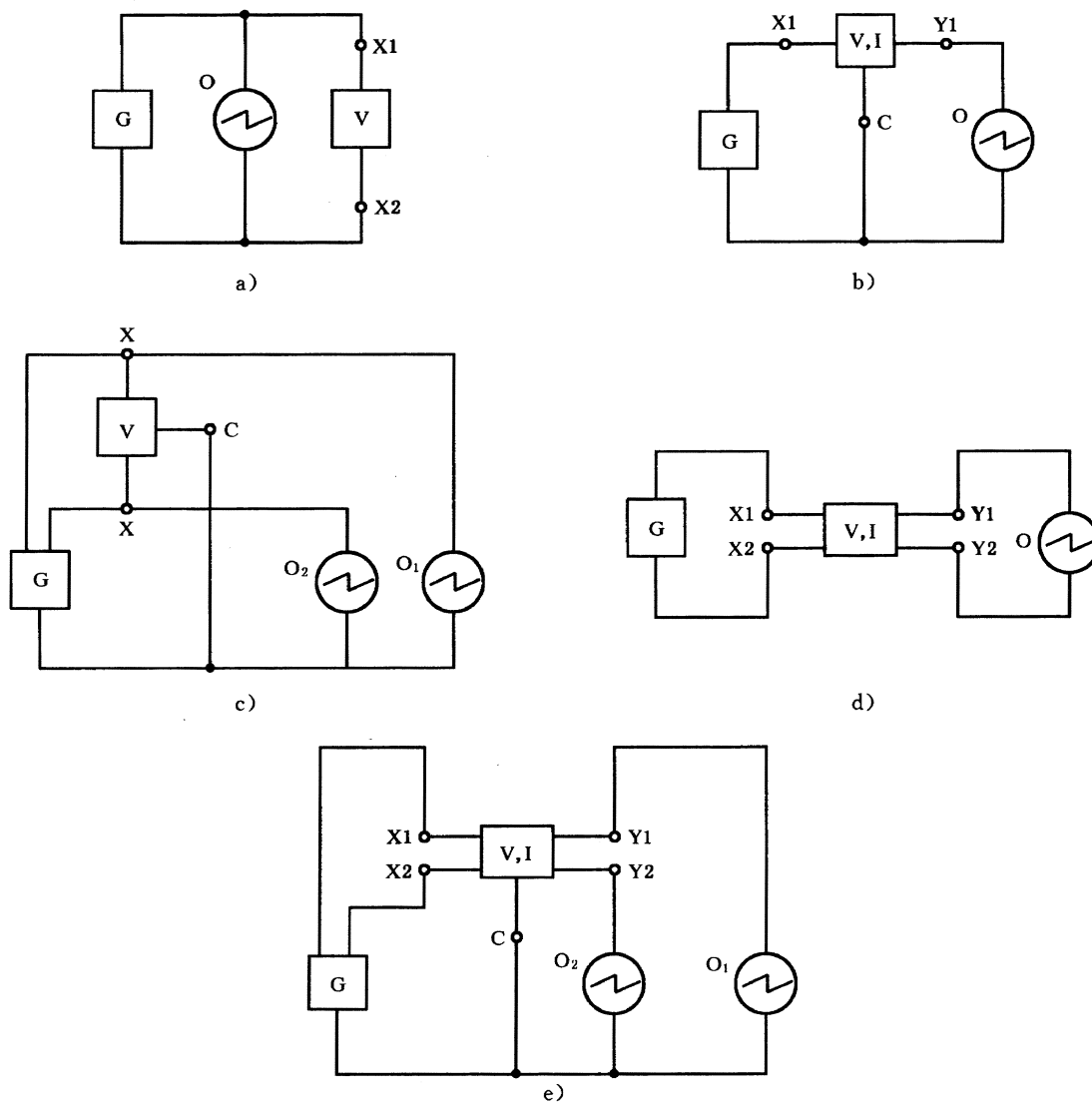
从表 15 的 C 类中选取一种冲击施加于 SPD 的适当端子上。本试验的冲击波形应与 6.3.2.2.2.2 中的实测限制电压试验选择的波形一致。因此,可采用 A1、B、C 和 D 类中所选的其他冲击波形进行测试。

试。但这些测试仅对 SPD 的应用适合时才进行。

如图 9 所示连接 SPD。以表 15 中所规定的最少次数施加冲击电流。冲击电流的施加间隔时间应足以防止试品上热量的积累。规定次数的一半施加一种极性的冲击电流,剩下的一半施加另一极性的冲击电流。也可以一半的试品以一种极性测试,另一半试品则以另一极性测试。在测试之前及施加规定次数的电流之后,SPD 应符合对绝缘电阻、限制电压、冲击复位时间和串联电阻的要求。

测试端子如图 9 所示,应在 X1-C 及 X2-C 间进行测试,如需要,冲击可施加到图 c)和 e)中所示的 SPD 的 X1-X2 端子上。

对有共用分流元件的 SPD 的测试,规定与 6.3.2.2.3.2 a)相同。



O, O₁, O₂——示波器,用于监测 U_p ;

G——冲击发生器;

V——限压元件;

V, I——限压元件和限流元件的组合;

X1, X2——线路端子;

Y1, Y2——被保护线路端子;

C——公共端子。

图 9 冲击动作负载和过载故障模式的测试电路原理图

6.3.2.2.4 SPD 的脱离器和 SPD 过载安全性能

一般要求:

此项试验应在每个 SPD 上进行。对试品的不同保护模式试验均需更换新试品后进行。

6.3.2.2.4.1 SPD 脱离器的动作负载耐受试验

在进行动作负载试验时(见 6.3.2.2.3.1), SPD 脱离器不应动作,试验后,脱离器能正常工作。

6.3.2.2.4.2 SPD 热稳定性试验

a) 耐热试验

把 SPD 置于温度为 $80^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱内 24 h, SPD 内部的脱离器应不动作。

b) 热稳定性试验

试验设置:

在试验中,对于有开关元件的 SPD 均用线径足够粗的铜丝把开关元件短路。对于每一保护模式均进行试验,如果有些方式相同,则只对最不利的模式进行试验。

1) 无开关型元件 SPD 的试验步骤。

试品与工频电源相连。

工频电压应足够高使得有电流流过 SPD。将电流调至一恒定数值。该电流按下列规定值逐级增加: 2 mA、5 mA、10 mA、20 mA、40 mA、80 mA、160 mA、320 mA、640 mA、1 000 mA(有效值或相应峰值),误差 $\pm 10\%$ 。

如果已知元件的最大功耗,则电流值可从 2 mA 开始。

每一个电流施加时间应使试品达到热平衡(即在 10 min 之内温度变化不超过 2°C)。

在试验过程中,连续监测 SPD 最热处的表面温度(仅对易触及型 SPD)和流过 SPD 的电流。易触及型 SPD 最热处的确定,可以通过初始试验或在本试验中不断改变测点测得。

如果 SPD 脱离器动作,则试验停止。

如果 SPD 端子处电压变得低于 U_c ,则维持 U_c 15 min,并停止调节电流。为此,需要一个具有短路电流承受能力的工频电源,应能在脱离器动作前,它不会限制电流。最大电流值不应超过脱离器短路耐受能力的最大规定值。

2) 有开关型元件与其他元件串联的 SPD 的试验步骤:

将开关元件短路,然后进行以下试验。

对 SPD 试品施加最大持续运行电压 U_n 。电源应能提供大于生产厂标称的使后备过电流保护或脱离器动作的短路电流。

如果没有明显的电流流过试品,则使用 1) 试验步骤,此时开关元件仍处在短路状态。

如果 SPD 试品每种保护模式包含一个以上的脱离器,试验应继续到所有脱离器均动作为止。

3) 合格标准:

对于室内型 SPD,试验时的表面温度应低于 120°C ,且脱离器动作 5 min 后,SPD 的表面温度应低于 80°C 。

注: 120°C 和 80°C 两值为暂定值。

对于室外型 SPD,试品应无起火痕迹或内部物质无喷出现象。

对于易触及型 SPD,经试验后对于外壳防护等级大于或等于 IP2X 的应使用标准试验触指施加 5 N 的力(见 GB 4208)而不应触及到载流部件。

如果脱离器动作,应有明显的、可靠的断开指示。为了验证这一点,可在试品上施加两倍的 U_n 达 1 min,应无超过 0.5 mA (r.m.s) 的电流流过 SPD。

6.3.2.2.4.3 对带有后备过流保护 SPD 短路电流承受能力的试验

a) 试验配置:

工频电源:电源应能提供符合表 17 所列的预期短路电流(由生产厂提供的 I_p 值)和功率因数

($\cos\phi$), 试验电压为 U_c 。

表 17 预期短路电流及其对应的功率因数

$I_p^{+5\%}/(\text{kA})$	$\cos\phi(-0.05)$
$I_p \leq 1.5$	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：恢复电压定义：在分断电流后，在开关电器的一个极对地（或对电性线）或熔断器的两接线端子间出现的电压，见 GB/T 14048。

试品按照生产厂的安装指南进行安装。

试品及其脱离器和后备过流保护应放进一个各边距离 SPD 外表面为 $50 \text{ cm} \pm 5 \text{ cm}$ 的正方形木质盒内，木盒的内部各面用薄纸或粗布粘贴。盒子的一面（非底面）保持敞开以便按生产厂的要求连接电源电缆。

注 1：薄纸柔软而且有一定的韧性，重为 $12 \text{ g/m}^2 \sim 25 \text{ g/m}^2$ 。

注 2：粗布：重约 $29 \text{ g/m}^2 \sim 30 \text{ g/m}^2$ ，网状结构，对于 1 cm^2 的正方形粗布，一个方向有 13 根丝，另一方向有 11 根丝（经纬线数）。

试品准备：

对仅包含一个非线性元件的 SPD 以及包含仅是串联连接的多个非线性元件的 SPD，在电压开关型和限压型 SPD 的每个电压限制元件上用适当的金属（例如铜块）来代替，以确保内部连接。连接导体的截面周围的材料（如树脂）以及包装不变。

对带并联连接非线性元件的 SPD，即双口 SPD，应按上述方式分别准备一组共三台试品。

注：应由生产厂提供按上述要求的试品。

b) 试验步骤：

试品连接到符合表 17 中的工频电源，试验电压调整至 U_c ，进行三次试验。如果有一个可更换的或可恢复的脱离器动作，则每次均应更换脱离器或将其恢复。如果脱离器不能更换或是非恢复的，则试验停止。

c) 合格标准：

试验过程中，工频短路电流应在 5 s 内切断。木盒内的薄纸或粗布应不起火，而且不出现任何炸裂和伤及人和其他设施的危險。

对于易触及的 SPD：试验后，外壳防护等级等于或大于 IP2X 的试品，用标准试验触指施加 5 N 的力（见 GB 4208）应不触及载流部件。

为检查 SPD 的脱离器是否明显的、有效的断开，应在断开后对 SPD 施加 1 min 的 U_c 工频电压，此时应无超过 0.5 mA 的电流流过。

6.3.2.2.5 暂时过电压(TOV)故障试验

按 GB 16895.11“低压电气装置对暂时过电压和高压系统与地之间的故障的防护”的要求，进行 TOV 故障试验。

本试验只对连接在相线(L)与保护导体(PE)间的 SPD 进行。

应用新的试品和按正常使用条件安装。

将试品放置在一个各边距 SPD 外表面为 $50 \text{ cm} \pm 5 \text{ cm}$ 的立方体木盒内。木盒的内面粘薄纸或粗

布,且一面敞开(非底面)以便按生产厂的要求连接电源电缆。应将 SPD 的带电端子(指相线和中性线)连接在一起,之后在此连接点(公共点)与接地保护端之间施加以下的暂时过电压。

建议暂时过电压等于附录 G 表 G.1 中规定的值(取决于系统),持续时间 200 ms,试验电流限制到 300 A(有效值)。

试验过程中纸或粗布等箱内衬物应不着火。

试验完毕,SPD 可能不再正常工作,但外壳防护等级大于 IP2X 的外壳损坏程度应不至用标准试指便可接触到载流部件。

6.3.2.2.6 待机功耗和残流试验

SPD 按生产厂的说明连接到最大持续运行电压(U_c)的电源,测量 SPD 消耗的视在功率(VA),测量流过 PE 端子的残流。

注 1: 如果生产厂允许 SPD 安装有几种配置,本试验应对每种配置进行。

注 2: 应测量其残流有效值。

6.3.2.2.7 暂时过电压(TOV)耐受特性试验

6.3.2.2.7.1 试验程序(见图 10)

本试验适用于连接在 L 和 PE 之间及 L 和 N 之间的 SPD。

应采用新的试品,并按生产厂的说明照正常使用要求安装。

SPD 应放置在一个立方体形的木盒内,木盒侧面离 SPD 外表面 $50\text{ cm} \pm 5\text{ cm}$ 。盒的内表面覆盖薄纸或粗布。盒的一面(不是底面)保持打开,以便按生产厂要求连接电源电缆。

试品应连接到附录 G 中标明的 $U_T(-5\%)$ 的工频电压,持续时间为 $t_T=5\text{ s}(-5\%)$ 。电源应能输出一个足够高的电流,以确保在试验过程中 SPD 端子上的电压不会跌落到 U_T 的 95% 以下,或能输出规定的 SPD 的短路耐受电流,两者取较小值。

在施加 U_T 后 100 ms 或更短的时间内(即断开 Sw1 后立即将 Sw2 闭合),应在试品上施加等于 $U_c(-5\%)$ 并具有相同电流能力的电压 30 min。

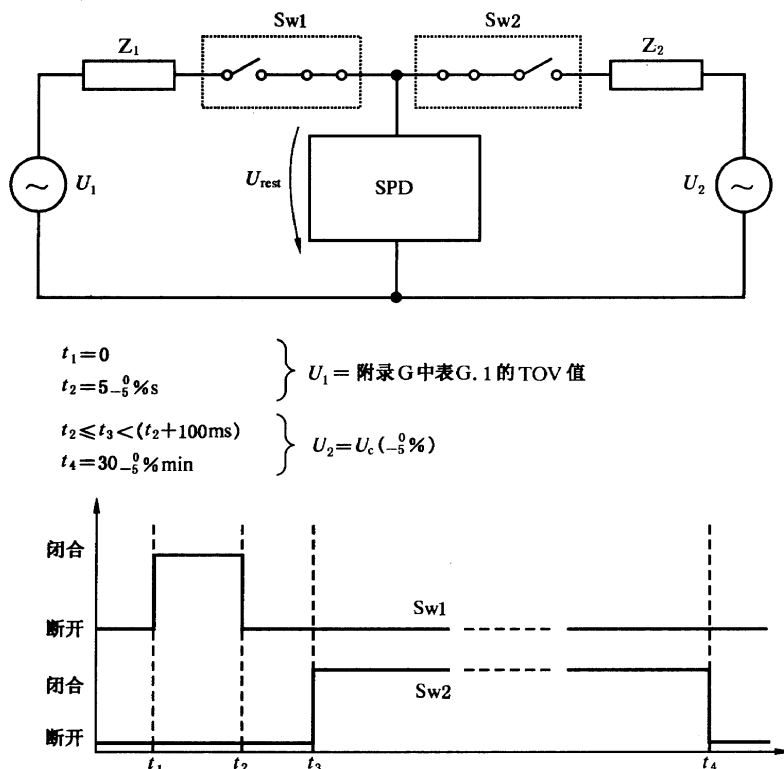


图 10 TOV 特性试验电路和时间示例

6.3.2.2.7.2 合格判别标准

a) TOV 故障模式

在试验过程中薄纸或等同的材料不应燃烧。

IP 等级大于 IP2X 的 SPD 外壳不应损坏到使标准试指可触及载流部件。

如果脱离器动作, SPD 上应有明显的、有效和永久断开的指示。为了检查这一要求,对试品施加等于 U_n 的工频电压 1 min, 流过 SPD 的电流不应超过 0.5 mA。

b) TOV 耐受特性

SPD 只有满足下列的附加条件才能通过试验:

——在施加 U_n 期间, SPD 具有热稳定性。如果在施加电压 U_n 的最后 15min 流过 SPD 的最大持续运行电流 I_n 阻性分量的峰值或功耗不再增加, 则认为 SPD 是热稳定的。

——试品冷却到接近环境温度后, 用 6.3.2.2.1 规定的试验确定限制电压, 以检查是否保持生产厂规定的电压保护水平。但 6.3.2.2.1 c) 的试验仅在 I_n 下进行, 6.3.2.2.1 d 或 e) 或 f) 的试验仅在 U_n 下进行。辅助电路, 如状态指示器等, 应正常工作。

目测检查试品, 不应发现任何损坏的迹象。

6.3.2.3 传输特性试验

连接至电信和信号网络的 SPD, 其传输特性应符合电信和信号网络系统的要求。表 18 提供了适用的传输特性试验选择内容, 然而这些选择并非是固定或强制的。一般情况下, 试验选择内容依据生产厂提供的标称值或由用户提出的要求而决定。

表 18 适用的传输特性试验选择内容

传输特性测试项目	应用于模拟信号系统(<20 kHz)	应用于数字信号系统	应用于视频系统
分布电容 (见 6.3.2.3.1)	•	•	•
插入损耗 (见 6.3.2.3.2)	•	•	•
回波损耗 (见 6.3.2.3.3)		•	•
纵向平衡 (见 6.3.2.3.4)	•	•	•
比特差错率 (见 6.3.2.3.5)		•	
近端交扰 (见 6.3.2.3.6)	•	•	•
频率范围 (见 6.3.2.3.7)	•		•
传输速率 (见 6.3.2.3.8)		•	

6.3.2.3.1 电容测试

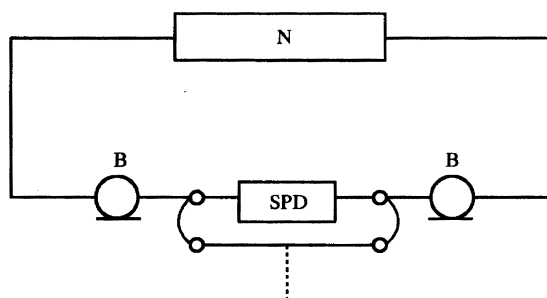
信号发生器输出信号频率为 1 MHz, 电压为 1 V(r. m. s) 情况下, 在指定端子间测量 SPD 的电容。每次测量 SPD 一对端子, 测量中所有未涉及的端子应连接在一起, 并在信号发生器处接地。不应施加直流偏置电压。宜注意到有些 SPD 的电容与偏置电压有关, 在某些应用中, 偏置电压可能出现在造成显著的电容不平衡的一对线路上的其中一条上, 从而导致电容明显不平衡。

6.3.2.3.2 插入损耗测试

插入损耗是用最长为 1 m 且有合适特性阻抗的导线进行测量的。将图 11 所示电路的 SPD 用这根导线代替后进行测量, 然后, 用试品 SPD 替换这根导线测量分贝值。插入损耗是二次测量的矢量差。表

19 列出各种特性阻抗、频率范围以及电缆类型。建议测试电平采用 $-10 \text{ dB} \cdot \text{m}$ 。

在传输频率范围内,图 11 中组合的平衡-不平衡变换器及测试导线上所测损耗应不超过 3 dB 。应在 SPD 拟用的传输系统的频段范围内测量插入损耗并记录。



N——网络分析仪;

B——平衡-不平衡变换器。

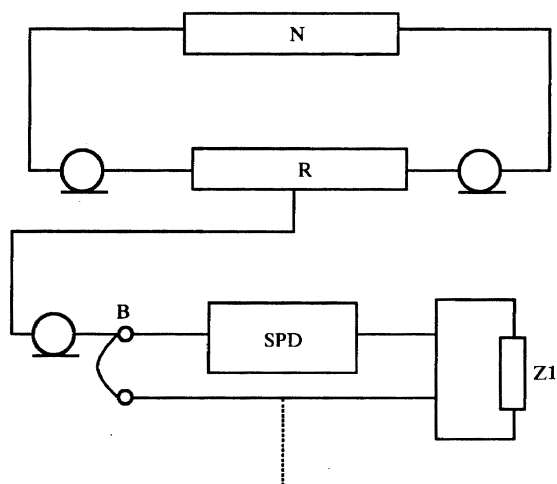
图 11 插入损耗测试电路原理图

表 19 图 11 的标准参数

频率范围	特性阻抗 Z_0/Ω	电缆类型
300 Hz~4 kHz	600	双绞线
4 kHz~300 MHz	100、120 或 150	双绞线
$\leq 1 \text{ GHz}$	50 或 75	同轴电缆
$> 1 \text{ GHz}$	50	同轴电缆

6.3.2.3.3 回波损耗测试

采用最长为 1 m 且具有合适特性阻抗的导线测量回波损耗。在图 12 的电路中先用这根导线代替 SPD 后进行测量。然后,插入 SPD 再作测量。表 19 列出各种特性阻抗、频率范围及电缆类型。建议测试电平采用 $-10 \text{ dB} \cdot \text{m}$ 。



图中:

N——网络分析仪;

R——反射桥路;

B——平衡-不平衡变换器;

Z_1 —— 50Ω 、 100Ω 、 120Ω 或 150Ω 的终端阻抗。

图 12 回波损耗测试电路原理图

信号施加到 SPD 上,由于阻抗不连续,信号被反射,在施加信号的端子上测量反射回来的信号。应在 SPD 拟用的系统的频段范围内测量回波损耗并记录。

6.3.2.3.4 纵向平衡测试

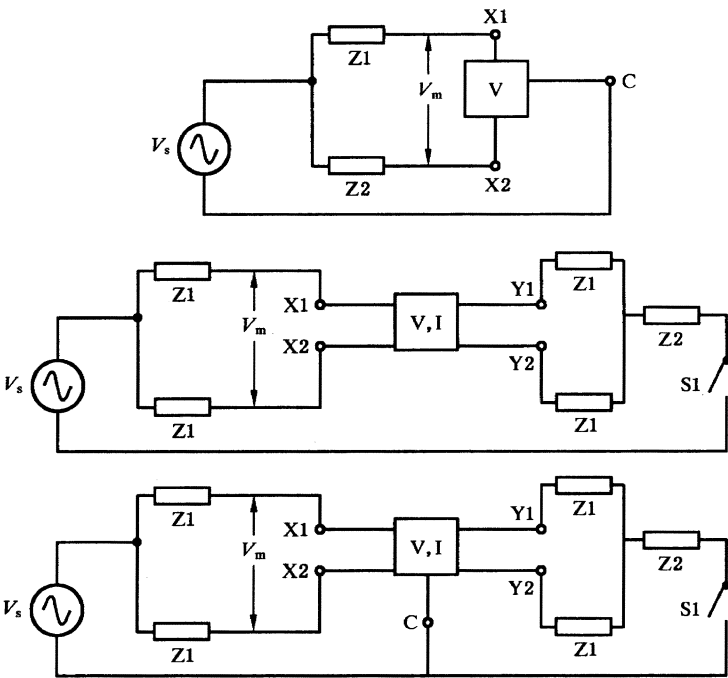
图 13 所示为三端、四端及五端 SPD 平衡测试的连接方式。对于四端及五端 SPD,应在开关 S1 打开和闭合两种情况下测试。在频率最高达 190 kHz 范围内的阻抗值示于表 20 中。纵向平衡是施加的纵向电压 V_s 与受试 SPD 产生的电压 V_m 之比值,以分贝表示,如下:

$$\text{纵向平衡} = 20\lg(V_s/V_m)$$

式中 V_s 及 V_m 二种信号具有相同的频率。除非另有规定,对模拟音频系统,应在 200 Hz、500 Hz、1 000 Hz 及 4 000 Hz 频率下测试;而对数字信号系统,应在 5 kHz、60 kHz、160 kHz 及 190 kHz 频率下测试。如 SPD 的纵向平衡受直流偏置电压影响,则应在 SPD 的每个端子上施加适当的直流偏置电压测试。

表 20 纵向平衡测试的阻抗值

频率 f/kHz	阻抗 $Z1/\Omega$	阻抗 $Z2/\Omega$
<4	300	350
<190	55 或 67.5 ^a	^a
^a 由生产厂规定。		



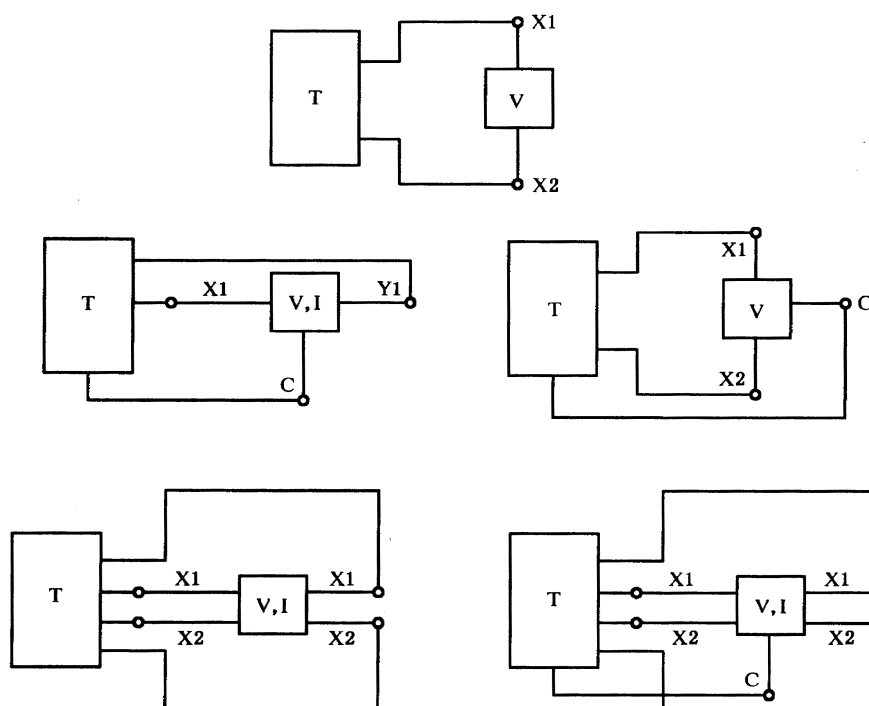
- V_s ——骚扰共模电压(纵向);
- V_m ——产生的差模(双线回路)电压;
- $Z1, Z2$ ——终端阻抗;
- V ——限压元件;
- V, I ——限压元件和限流元件的组合;
- $X1, X2$ ——线路端子;
- $Y1, Y2$ ——被保护线路端子;
- C ——公共端子。

图 13 纵向平衡测试电路原理图

当纵向平衡取决于 SPD 的串联电阻的匹配情况时,纵向平衡规定为串联电阻值的最大值或串联电阻之间差值的最大百分数。

6.3.2.3.5 比特差错率(BER)

图 14 所示为比特差错率(BER)测试的发送电路及接收电路。对 SPD 进行数据传输系统的最大伪随机码组合模拟试验。在测试电路有 SPD 及无 SPD 两种情况下测量比特差错率。对每种情况,测试时间应从表 21 中选取。比特差错率测试仪的发送阻抗及接收阻抗应等于传输系统的特性阻抗。



T——比特差错率测试仪;
V——限压元件;
V,I——限压元件和限流元件的组合;
X1,X2——线路端子;
Y1,Y2——被保护线路端子;
C——公共端子。

图 14 比特差错率测试电路原理图

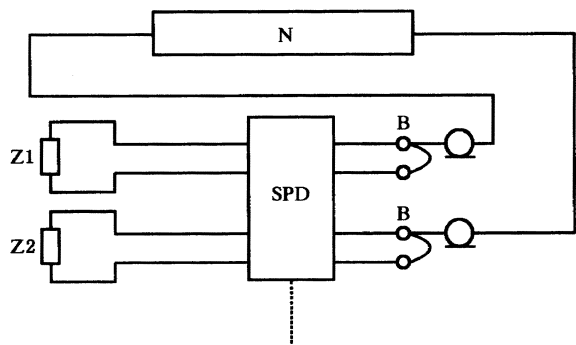
表 21 比特差错率测试的测试时间

伪随机码组合模拟(R)	测试时间
$R < 64 \text{ kbit/s}$	1 h
$64 \text{ kbit/s} \leq R < 2\,048 \text{ kbit/s}$	30 min
$R \geq 2\,048 \text{ kbit/s}$	10 min

注: IEC 原文为 1 554 kbit/s, 中国情况应为 2 048 kbit/s。

6.3.2.3.6 近端交扰(NEXT)测试

交扰是在将一根短的平衡测试导线按图 15 接于 SPD 的情况下测量的。一个平衡的输入信号施加到被 SPD 骚扰线路上,而在测试导线的近端测量被骚扰线路的感应信号。建议测试信号电平采用 -10 dBm 。



N——网络分析仪；
B——平衡-不平衡变换器；
Z1、Z2——终端阻抗。

图 15 近端交扰测试电路原理图

在传输频段范围内组合的平衡-不平衡变换器及测试导线上测量到的损耗不应超过 3 dB。应在 SPD 拟用的传输系统的频段范围内测量近端交扰并记录。

6.3.2.3.7 SPD 频率范围(f_G)测试

按图 11 所示接线,首先将网络分析仪校零,然后放置 3 dB 插入损耗导线。接入 SPD 后读出小于 3 dB 插入损耗的频率范围。打印出测试结果。

6.3.2.3.8 SPD 数据传输速率(bps)测试

直接测量 SPD 数据传输速率(bps)有困难,可由频率范围(f_G)进行推导。数据传输速率与频率范围有如下近似数值关系:

$$V_s = 2f_G$$

注:实际应用中 $V_s = 1.25 f_G$ 。

6.3.3 机械性能试验

6.3.3.1 带有软电缆(或电线)的可移式 SPD 及其连接

6.3.3.1.1 可移式 SPD 应具有电线固定座,以便使软线缆与连接端子连接时,不至于因旋拧而使线缆护套擦伤,并减轻张力。

线缆护套,应能夹紧在电线固定座中。

通过直观检查是否符合要求。

6.3.3.1.2 通过图 16 所示的装置试验软线缆固定的可靠性。

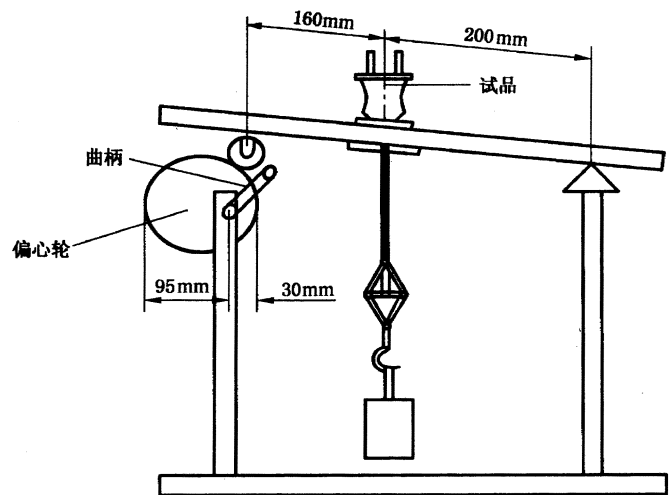


图 16 用于试验电缆张力的装置

不能重复接线的可移式 SPD 在进行试验时,应采用新试样进行。可重复接线的可移式 SPD 试验时

可用生产厂规定的额定截面电缆进行。可重复接线的软电缆或软线进入终端,要紧固终端螺旋防止导线脱落。固定螺栓扭矩为表 22 规定值的 2/3。

表 22 夹紧紧固螺钉的紧固扭矩

标称螺纹直径 d/mm	扭矩/(N·m)		
	I	II	III
$d \leq 2.8$	0.2	0.4	—
$2.8 < d \leq 3.0$	0.25	0.5	—
$3.0 < d \leq 3.2$	0.3	0.6	—
$3.2 < d \leq 3.6$	0.4	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

试品重新接线组装后,部件组件应合适自如,用手推拉时不应有移动的感觉。

试品放入试验仪器中并使电缆或软线轴垂直于进线处。

然后,用以下拉力对电缆或软线作拉伸试验 100 次:

——60 N,额定电流不大于 16 A 和额定电压不高于 250 V;

——80 N,额定电流不大于 16 A 而额定电压高于 250 V;

——100 N,额定电流大于 16 A。

施加拉力应均匀,每次 1 s。

应当注意同时施加同一拉力于软线所有部件(芯线、绝缘和外套)。

试验后,电缆或软线位移不应大于 2 mm。对可重复接线的附件,导线末端不应在接线端有显著移动。对不可重复接线的附件在电源接头处应无破损,电气连接不应断开。

为测定纵向位移,在其受拉力时要在电缆或软线上作标记,在开始试验之前,标记作在距试品或软线保护件末端约 20 mm 处。对不可重复接线的附件,如试品或软线保护件无明显的末端,则附加标记作在试品上。

在上述试验后,对电缆或软线再加拉力后测量其上的标记相对于试品或软线保护件的位移。

6.3.3.1.3 不可重复接线的可移式 SPD 应提供符合 GB 5023 和 GB 5013 规定的软电缆或软线,其导线的截面积应与 SPD 和相关设备的最大额定值相一致。

6.3.3.1.4 不可重复接线的 SPD 设计应能防止软电缆或软线进入 SPD 时受到过分弯曲。为此,护圈应采用绝缘材料并牢固固定。

螺旋形金属弹簧,无论是裸露的或用绝缘材料包裹,均不可用作软线保护套。

用图 17 所示装置进行弯曲检验。

试验应在新试品上进行。

试品固定在设备的振动装置上,当试品在中间位置时,软电缆或软线的轴线与试品进线处垂直,此垂直线即振动轴线。变动振动装置的固定件与振动轴之间的距离,定位 SPD 使当试验设备的振动装置移动于全部行程时,软线的横向运动最小。为了易于发现试验中安装位置使软线作最小的横向运动,弯曲试验装置的构造应使在振动装置上的各种附件、支架易于调节。

电缆或软线负载质量应能施加如下所示的力:

电缆或软线具有额定截面积超过 0.75 mm^2 时为 20 N,其他情况为 10 N。

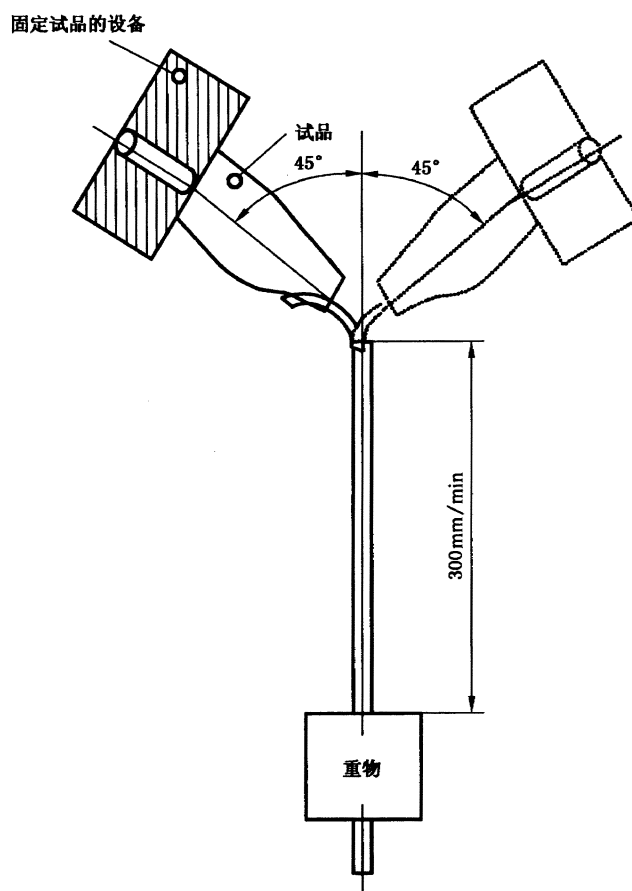


图 17 弯曲试验装置

用等于 SPD 的额定电流或下列电流(取这两者中的低值)通过导线:

- 电缆或软线具有额定截面积超过 0.75 mm^2 用 16 A;
- 电缆或软线具有额定截面积 0.75 mm^2 用 10 A;
- 电缆或软线具有额定截面积小于 0.75 mm^2 用 2.5 A。

导线间的电压等于试品的额定电压。

振动装置通过 90° 角运动(垂线两侧各 45°)。

双向弯曲数为 10 000 次;弯曲速率为 60 次/min。

向左或向右的一次运动算是一次弯曲。

具有圆形截面的试品在 5 000 次弯曲后在振动装置上转动 90° 之后再余下的 5 000 次弯曲。而扁平软线试品只在与包含导线轴线的平面垂直的方向进行弯曲试验。

在弯曲试验中应作到:

- 无电流中断;
- 导线间无短路。

如电流达到 SPD 的两倍试验电流值时,则认定软电缆或软线导线间有短路发生。

流过的试验电流为 SPD 的额定值时,每个触点与对应导体间的电压降应不超过 10 mV。

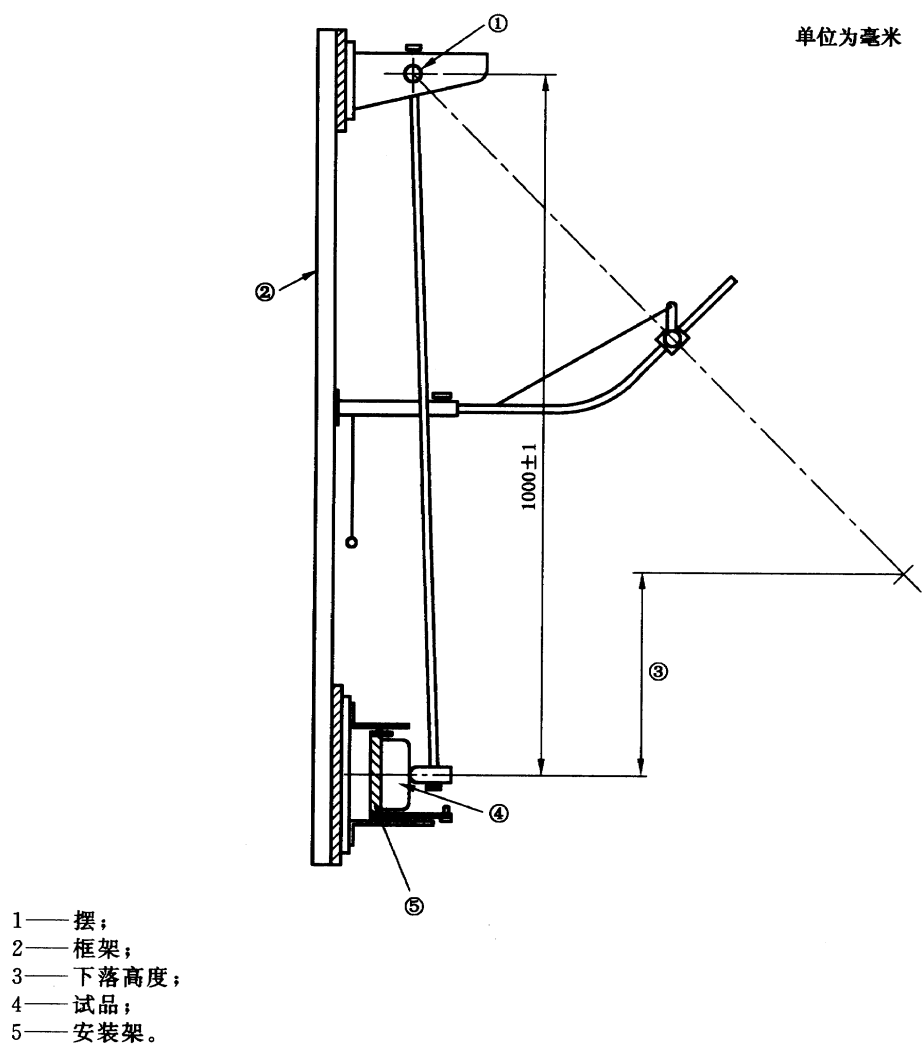
试验后,如有保护套,它不应与本体分离,软电缆或软线绝缘应无磨损,导线的断股不应戳透绝缘层。

6.3.3.2 摆锤撞击试验

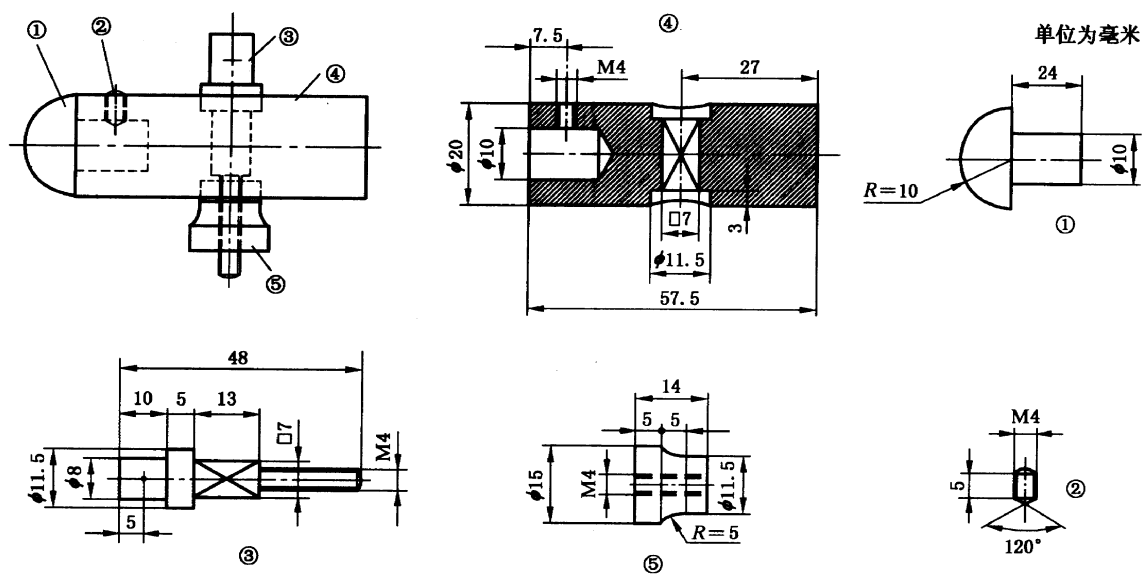
SPD 组件应有足够机械强度以便承受安装和使用过程中遭受的机械应力。

用下列试验检验:

试品用如图 18 所示摆锤撞击试验装置施加撞击。



a) 试验装置



部件的材料：①—聚酰胺；②，③，④，⑤—Fe360 钢。

b) 储能摆锤的撞击元件
图 18 撞击试验装置

撞击件的头部为半球形面,其半径为 10 mm,由聚酰胺材料制成,硬度为洛氏硬度 HR100。撞击件的质量为 $150\text{ g} \pm 1\text{ g}$,牢固地固定在一个外径为 9 mm,厚为 0.5 mm 的钢管下端,钢管上端装于枢轴上,使撞击件只能在垂直面内摆动,枢轴位于撞击件轴上面 $1\,000\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ 处。

确定撞击件头部的洛氏硬度时,可用一直径为 $12.7\text{ mm} \pm 0.002\,5\text{ mm}$ 的球,起始荷载力为 $100\text{ N} \pm 2\text{ N}$,过荷载力为 $500\text{ N} \pm 2.5\text{ N}$ 。

注:关于洛氏硬度测定的辅助资料可查阅 ISO 2039-2。

撞击试验设备应这样设计:为了使钢管保持在水平的位置,须在撞击件表面施加 $1.9\text{ N} \sim 2.0\text{ N}$ 的力。

试品安放在一块胶合板上,胶合板为正方形,每边长 175 mm,厚度为 8 mm,胶合板的上端和底部固定在隆起的安装支持件上,安装支持件由钢或铸铁制成,重 $10\text{ kg} \pm 1\text{ kg}$,安装支持件用轴销装在坚固的支架上,支架固定在砖、水泥或类似物品的墙上。

对于嵌入式 SPD,试品安装在由硬质木材或类似材料做成的枕块的凹洞内,凹洞固定在支持的胶合板上。

如果枕块是由木板制成的,木材木纹的走向必须与撞击方向垂直。

撞击试验设备应这样设计:

- 试品安放的位置,能使撞击点正好位于通过撞锤的枢轴的垂直平面内;
- 试品可水平移动并且可围绕垂直于胶合板面的轴旋转;
- 胶合板可围绕垂直轴转动。

试品按正常使用状态装在胶合板上,使撞击点位于通过摆锤的枢轴的垂直平面内。

在施加撞击之前,底部、盖子及类似件的固定螺钉都要用规定的扭矩(表 22 规定值的 2/3)拧紧。

可移式 SPD 试验与固定式的 SPD 试验一样,在试验前应使用辅助方法将其固定在胶合板上。装于轨道上或用螺钉固定的 SPD 应分别安装在轨道上,或用螺钉固定在胶合板上试验。

撞击元件应由表 23 规定的高度坠落。

表 23 用于撞击试验的下降高度

下落高度 cm	受撞击的外壳部件	
	普通 SPD*	其他 SPD
10	A 和 B	—
15	C	A 和 B
20	D	C
25	—	D
注 A: 前面部件,包括凹进部件; B: 按正常使用安装后,从安装表面突出小于 15 mm 的部件(距墙壁),A 件除外。 C: 按正常使用安装后,从安装表面突出大于 15 mm 且小于 25 mm 的部件(距墙壁),A 件除外。 D: 按正常使用安装后,从安装面突出 25 mm 以上的部件(距墙壁),A 件除外。 * 普通 SPD 指正常使用安装时,IP 代码为 IPX0 或 IPX1 的;其他 SPD 指 IP 代码高于 IPX1 的 SPD。		

下降高度由试品表面最突出部件计算,且应将机械应力施加在除 A 部件以外的所有部件。

下落高度应为摆锤释放时检查点位置和撞击时该点位置之间的垂直距离。检查点标在撞击件的表面上,通过摆的钢管和撞击件的轴线与穿过两条轴线的平面垂直的交点与试品表面相撞。试品应受到均匀分布在试品上的撞击力,不应施加于敲落孔上。

应采用下列方法撞击:

对 A 部件进行五次撞击,一次击在中心。当试品水平移动后,在中心与各边缘间薄弱的点各撞击一次,然后把试品绕它的垂直于胶合板的轴线转动 90° 之后对上述各点各做一次撞击。

对于 B 部件(适用时)、C 和 D 部件进行四次撞击:

在胶合板转动 60°后对试品的一个侧面进行一次撞击试验,之后在保持胶合板位置不变下将试品绕其垂直于胶合板的轴线旋转 90°后撞击另一侧面一次。

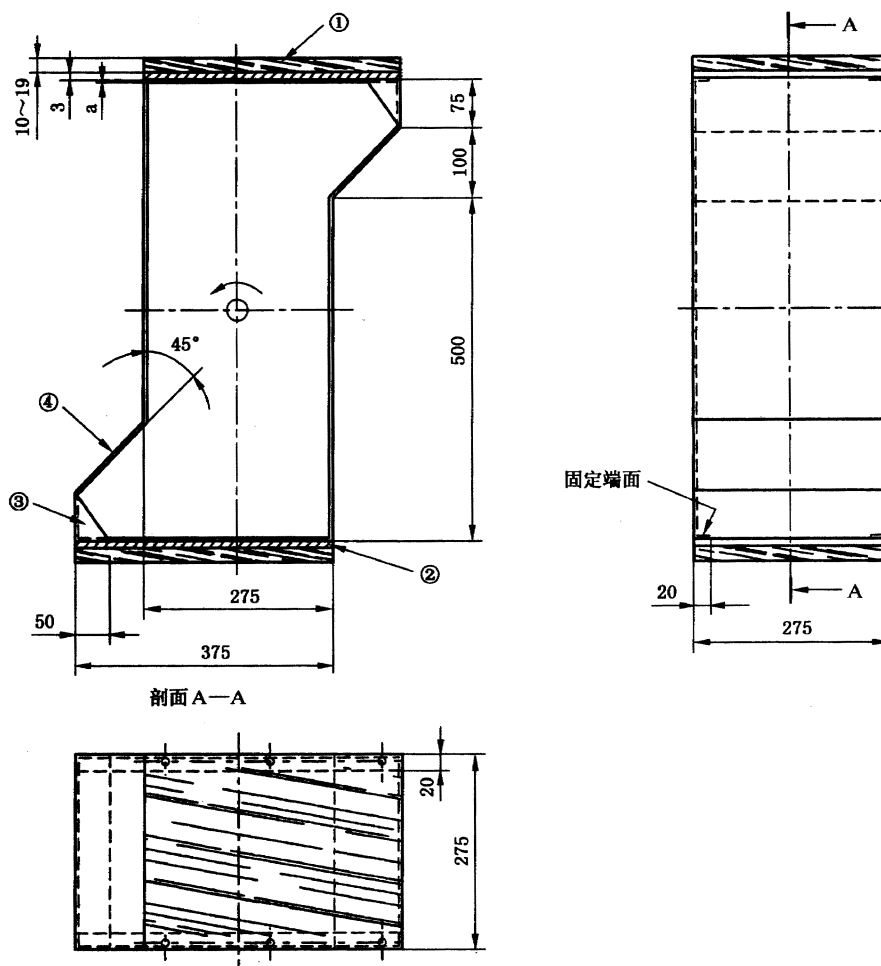
把胶合板向另一方向旋转 60°后,在试品的另两侧面各撞击一次。

试验后,试品应无标准含义内的损伤。特别是带电部分用标准试验触指不应触及。对于外表损伤以及不导致爬电距离或电气间隙减小的小凹痕以及不会对防直接接触保护或防止有害水进入产生不利影响的小碎片等均可忽略不计。

6.3.3.3 可移式 SPD 在如图 19 所示滚动桶中进行试验。

可重复接线的 SPD 装有生产厂规定的软电缆或软线,其长度约为 100 mm。按表 22 规定的扭距的 2/3 拧紧接线端子的螺钉和装配螺钉。不可重复接线的 SPD 交付试验时,软电缆或软线应修剪成使其从附件突出的长度约为 100 mm。

单位为毫米



- 1——木块;
- 2——钢;
- 3——橡皮;
- 4——塑料薄板;
- a——旋转筒的本体由 1.5 mm 厚的钢板制成。

图 19 滚动桶试验装置

试品由 50 cm 高度坠下落在钢板上(3 mm 厚),坠下次数如下:

——试品(净重)小于 100 g,下落 1 000 次;

——试品(净重)大于 100 g 小于 200 g,下落 500 次;

——试品(净重)大于 200 g,下落 100 次。

上述净重均不含电缆或导线在内。滚动桶以每分钟五圈速率旋转,因此,每分钟坠下 10 次。

每次只允许一试品在滚筒内试验。

试验后,试品应无可见的伤损,特别是:

应没有分离或松开的部分,即使用标准试验指施加不超过 10 N 的力也不能触及带电部分。在试验后应注意检查软电缆或软线的连接。对于不会影响抗电击保护的小碎片可忽略不计。对于不减小爬电距离或电气间隙的外观损伤或小的凹痕可忽略不计。

按 6.3.2.2.2.1 规定的方法再做一次实测限制电压的试验。为避免试品过载,测量残压的试验中只用 I_n 值,混合波试验中只用 U_{oc} 值,1.2/50 μ s 的放电电压试验仅用 6.3.2.2.1 d) 中 10 次试验中峰值的最大值进行一次。如果实测限制电压不大于 U_p 值,则试品通过试验。

之后,试品连接至一个额定频率及最大持续工作电压(U_c)的电源。试验变压器至少应具有 200 mA 的短路电流能力,除非生产厂提出另外的电流值。测量流过试品的电流,其阻性分量(在正弦波峰值处测量)不应超过 1 mA。

6.3.3.4 金属的耐腐蚀性试验见 GB 17464。

6.3.4 工作环境要求试验

6.3.4.1 户外型 SPD 爬电距离见表 1 和本部分 6.3.2.1.2 的试验。

户外型 SPD IP 代码试验见 GB 4208。

6.3.5 安全要求试验

6.3.5.1 防直接接触试验

6.3.5.1.1 绝缘部件

按 SPD 正常使用方法安装好试品,先用表 7 规定最小截面积连接导体连接试品进行试验;然后用最大截面积导体连接试品进行试验。

根据 GB 4208,用标准试验触指试着触摸每个可能触及的位置。

对于插拔式 SPD,当可插拔模块部分地或完全插入卡座后,用标准试验触指试着触摸每个可能触及的位置。

用一个额定电压值大于 40 V,而小于 50 V 的电气指示器(灯)来显示接触状态。

6.3.5.1.2 金属部件

按正常使用条件安装及连接 SPD。除了用于紧固基座、盖板、插座盖的与载流部件隔离小螺钉和类似零件外,把其他可触及的金属部件用低阻抗导线与接地端子相连。

在每一个连接的可触及的金属部件与接地端子之间依次通上电流(交流电源无负载电压不超过 12 V),电流为 25 A 或 1.5 倍额定负载电流(两者中选较大值)。

测量金属部件与接地端子之间的电压降,并以电压降与电流之比计算电阻值,其值不应大于 0.05 Ω 。

注:应注意,测量仪表电极端与被测物之间的接触电阻不应过大以至影响试验结果。

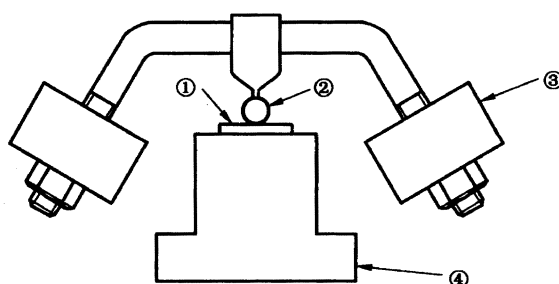
6.3.5.2 机械强度试验见本部分 6.3.3.1 和 6.3.3.2 的要求。

6.3.5.3 耐热性试验

6.3.5.3.1 把 SPD 放置在烘箱内 1 h,温度设置为 $100^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 。试验中 SPD 内部装配所用的密封混合物不应有明显的外流。从烘箱取出试品自然冷却至环境温度后,试品按正常使用安装时用标准试验指施加不超过 5 N 的力也不能接触及载流部件。

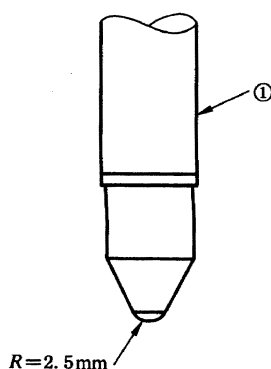
即使 SPD 的脱离器脱开也认为该 SPD 通过了试验。

6.3.5.3.2 SPD 用绝缘材料制成的外部部件应采用图 20 所示的装置进行球压试验。



- 1——试品；
2——压力球；
3——重物；
4——样品支架。

a) 球压试验装置



- 1——载荷杆。

b) 球压试验装置的载荷杆

图 20 球压试验装置

绝缘材料制成的外部零件(用于把载流部件同接地电路隔开并将其固定在一定位置上)在 $125^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 条件下进行试验。

其他绝缘材料制成的外部零件,在 $70^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 条件下进行试验。

试品固定在钢架上并使其表面处于水平位置,然后把一直径为 5 mm 的钢球用 20 N 的力压在其表面。1 h 后,移开钢球。把试品浸入冷水中,使其温度在 10 s 内下降至室温。试品表面的钢球凹痕直径应不大于 2 mm。

注:如果绝缘物质为陶瓷,则不必进行此项试验。

6.3.5.4 绝缘性能

按 GB 10963 进行测试。

6.3.5.4.1 试品必须按以下规定进行预处理:

如果预留有供电缆进出的孔,应让其敞开着;如果有敲落孔,则敲落其中的一个孔。把不借助工具就能卸下的盖子或其他部件取下与主要部件一起进行潮湿试验。潮湿试验的环境为一个相对湿度维持在 91%~95%,各点温度相同的潮湿箱(温度范围为 19°C 至 31°C)。把试品放置入潮湿箱前,试品温度不能高于潮湿箱内温度 4°C 。

把试品置于潮湿箱中保持 48 h。

注:大多数情况下,在试品置入潮湿箱前,将其置于所要求的温度环境中 4 h 就能达到温度的要求。

6.3.5.4.2 连接至低压配电系统 SPD 的测量:

在潮湿箱中取出试品放置 30 min~60 min,然后用直流 500 V 电压测量其绝缘电阻,直流电压持续时间为 60 s。

测试在潮湿箱内或在使试品达到规定温度的房间内进行。注意要将已卸下的盖子或其他部件重新

安装好。

依次测试如下部位：

a) 所有相互连接的载流部件与易触及的壳体之间：

“壳体”具有下列含义：

——所有按正常使用安装后易触及的金属部件和绝缘物质表面覆盖的金属薄膜；

——供 SPD 安装用的支撑面板，有的面板上盖有金属膜。

——将 SPD 固定于支座上的螺钉及其他紧固件。

对于这些测量，金属薄膜的覆盖，应使得填料也应受到有效的试验。

b) SPD 主电路带电部件与其他辅助电路带电部件(如果有)之间。

所测量的绝缘电阻应不低于：

a) 中测量值应不低于 $5\text{ M}\Omega$ 。

b) 中测量值应不低于 $2\text{ M}\Omega$ 。

6.3.5.4.3 连接至电信和信号网络的 SPD 的测量：

在湿箱取出试品 $30\text{ min}\sim 60\text{ min}$ ，然后用生产厂提供的 U_0 值电压施加在每一对端子上进行两次不同极性的测量。记录被测量端子间流过的电流值，绝缘电阻值为测试电压值(U_0)与两次测得的电流平均值之比。

6.3.5.5 阻燃性能试验(灼热丝试验)

根据 GB/T 5169.11 中第 4 至 10 条要求在下列条件下进行试验：

——对用于把导电的金属部分同接地保护电路部件隔开的外部绝缘材料，在 $850^\circ\text{C}\pm 15^\circ\text{C}$ 的环境下进行。

——对其他用途的外部绝缘材料，在 $650^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 环境中进行试验。

本试验中，凸出型 SPD 的基座也视为外部部件而进行试验。

对于陶瓷绝缘物质可不进行本试验。

如果多处的绝缘材料是用同种材料所制，则可只用其中一个零件在相应温度下进行试验。

灼热丝试验是验证在规定温度下的灼热丝试验中，是否会引起绝缘材料起火；或者起火后在移走灼热丝后能在规定时间内熄灭。

一般只用一个试品进行试验。如果试验结果不明显，则再用两个试品重复试验。

每次试验只拿灼热导线接触一次。

试验时，根据试品正常使用的最不利位置来放置试品(被试表面处于垂直位置)。

根据 SPD 正常使用时导线与该绝缘材料的接触(接近)程度，决定灼热丝与试品的距离。

灼热丝试验

试品如果满足下面两种情况之一的，则认为经受住灼热丝试验：

——无焰或不灼热；

——试品、周围零件及下面的铺底层产生火焰或灼热，但在灼热丝移去后 30 s 内熄灭，而周围零件或下面铺底层又未完全烧完。

当使用紧裹绢纸的铺底层时，该绢纸不应起燃。

6.3.6 特殊 SPD 的附加试验

6.3.6.1 对双口及输入/输出端分开的单口 SPD 的附加试验

6.3.6.1.1 电压降试验

双口 SPD 的输出端可能因安装了 SPD 而引起输出端电压波动，而造成系统功能改变，因此需进行此项试验，验证生产厂的标称值。

在试品的输入端口施加电压 U_c ，并保持电压容差在 $\pm 5\%$ 以内。试验时，应使额定负载电流流过阻性负载。在连接负载的同时测量输入端及输出端电压，通过式(2)计算电压降：

$$\Delta U(\%) = [(U_{in} - U_{out})/U_{in}] \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

U_{in} ——输入端电压,V;

U_{out} ——输出端电压,V。

应记录下测量值并与生产厂标称值相比较,生产厂标称值应与实测值相符。

6.3.6.1.2 额定负载电流 I_L 的附加试验

双口 SPD 接入被保护线路后,由于被保护设备(如计算机负载)可能存在达到 3 的峰值系数(最大值与有效值之比),电流峰值将是有效值的三倍,因此会在双口 SPD 的串联阻抗上增热。需进行本试验。

如 6.3.6.1.1 的规定对 SPD 试品施加工频电流,电缆应用表 7 规定的最小截面积,电流为生产厂标称的额定电流,温度为环境温度,不允许对试品强行冷却。

如果 SPD 外壳能达到热稳定,且正常使用时可触及的金属部件的温度不超过房间环境温度 20℃,则认为 SPD 通过试验。

6.3.6.1.3 连接 SPD 脱离器(生产厂要求的,如果有时)的负载端短路耐受能力试验

不短路任何元件,仅用规定的最大截面积及 50 cm 长的导体短路所有的负载端子,重复 6.3.2.2.4.3 的试验。

合格判别标准

试验时,电源的短路电流应在 5 s 内断开。试验过程中,薄纸或纱布不应燃烧,此外,应不会对人员造成伤害或设备产生爆炸或其他危险。

可触及的 SPD

试验后,IP 等级等于或大于 IP2X 的 SPD,用标准试指施加一个 5 N 的力不应触及载流部件。如果内部的脱离器未动作,SPD 应满足 6.3.5.1.1 和限制电压的要求。如果一个 SPD 内部的脱离器动作,应有明显的、有效和永久断开的指示。

在检查断开时,采取下列步骤:

- a) 确认输出端没有电压;
- b) 在相应的输入端子和输出端子间施加等于两倍 U_c 的工频电压 1 min,不应有超过 0.5 mA(r. m. s)的电流流过。

试验应包括所有与 SPD 串联的辅助部件

6.3.6.1.4 负载端耐电涌能力的试验

本试验进行:

——15 次 8/20 μ s 电流冲击;

——或 15 次混合波冲击,开路电压为 U_{∞} 。

对试品的输出端口施加等于生产厂标称的负载端电涌耐受能力的冲击,冲击分成三组,每组五次,用标称电流至少为 5 A 电源对 SPD 施加 U_c 值电压。每次冲击应与电源频率同步,相位角应从 0°开始,以 30°±5°的间隔逐级增加。

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 25 min~30 min。

整个试验过程中,试品应施加工作电压。应记录输出端子上的电压。

合格判别标准

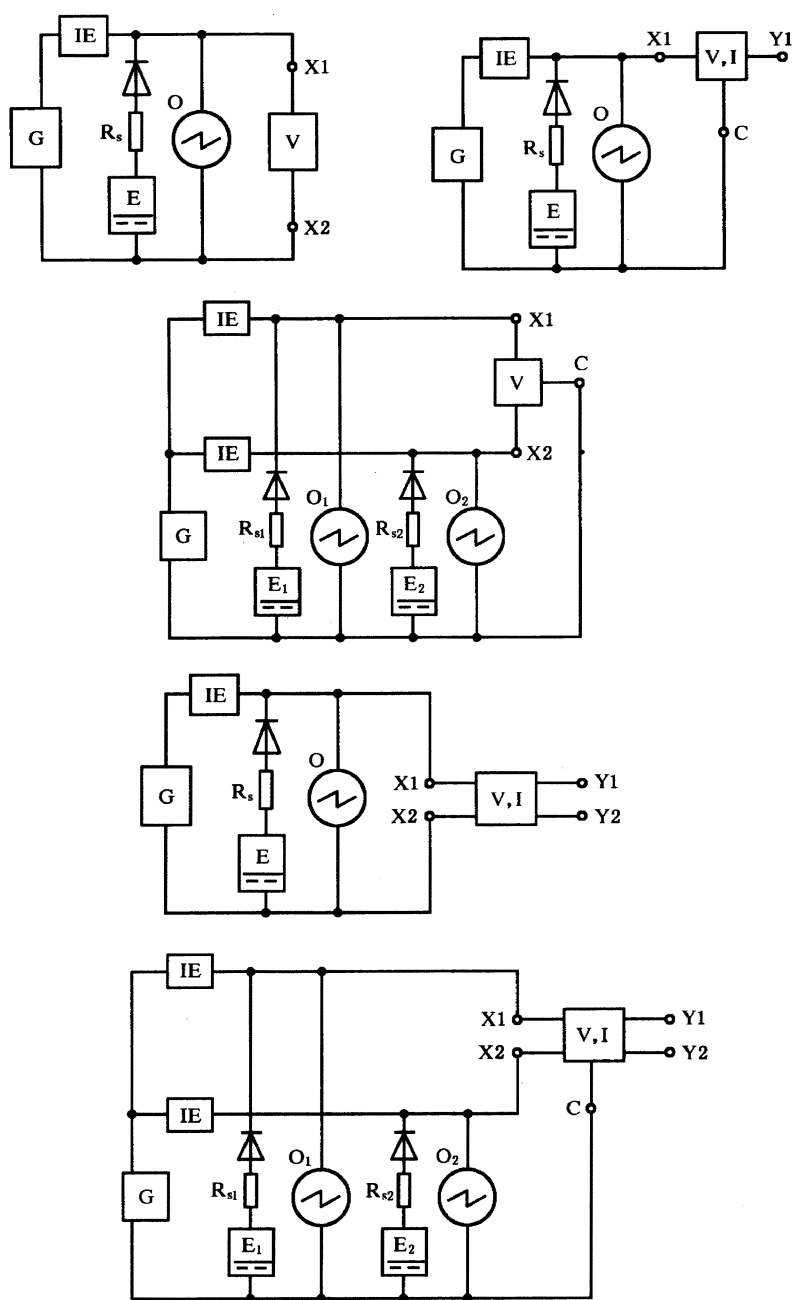
如果满足 6.3.2.2.3.1 h) 的判别标准,则 SPD 通过试验。

6.3.6.2 连接至电信和信号网络的 SPD 附加试验

6.3.6.2.1 冲击复原时间测试

SPD 内部有开关型限压元件,在型式试验中,当施加了规定的冲击电压和电流后,开关型限压元件应在冲击电流通过后的 30 ms 内恢复到初始的高阻状态。

按图 21 将试品接入试验电路,从表 24 中选择适当的电压和电流,也可按生产厂提供的值进行调试。



O, O_1, O_2 ——示波器;
 E, E_1, E_2 ——交流电压源;
 G ——冲击发生器;
 IE ——隔离元件;
 R_s, R_{s1}, R_{s2} ——电压源无感电阻;
 V ——限压元件;
 V, I ——限压元件和限流元件的组合;
 $X1, X2$ ——线路端子;
 $Y1, Y2$ ——被保护线路端子;
 C ——公共端子。

图 21 冲击复原时间的测试电路原理图

应按受试 SPD 的具体类型从表 15 的 B、C、D 类别中选择冲击电压及冲击电流的波形。开路电压应

足够高以保证开关型限压元件动作。冲击电压的极性应与电压源的极性相同。冲击复原时间为从施加冲击的时刻起至 SPD 返回其高阻抗状态的时间。

应施加三次冲击,冲击的间隔时间不大于 1 min。对每一次冲击应记录其复原时间。再以相反极性重复该试验。六次试验中冲击复位时间均不应大于 30 ms。

表 24 冲击复原时间测试的源电压及源电流

开路电压/V	短路电流/mA
12	500
24	500
48	260
97	80
135	200 ^a

^a SPD 可以并联一条由 135 Ω ~150 Ω 电阻与 0.08 μ f~0.1 μ f 电容器组成的串联支路。

6.3.6.2.2 过载故障模式测试

确定 SPD 是否进入可接受的过载故障模式的试验。SPD 应以安全的方式进入其过载故障模式而无引起着火、爆炸、电击的危险或者放出有毒气体。应进行绝缘电阻、限制电压及串联电阻的测试。

应在冲击电流及交流电流的作用下对 SPD 作过载故障模式的测试。图 5c)及图 5e)所示的 SPD,可分别测试每一对端子(X1-C 及 X2-C)。应采用不同试品作冲击电流或交流电流的过载故障模式测试。

a) 冲击电流过载故障模式测试

如图 9 所示连接 SPD。按式(3)将 8/20 μ s 冲击电流 I_n 施加到 SPD 上:

$$I_{\text{test}} = I_n(1 + 0.5 N) \quad \dots\dots\dots (3)$$

测试过程以 $N=0(I_{\text{test}}=I_n)$ 开始,接着的每次测试, N 递增 1,以 $N=6$ 为限。施加这些冲击电流后,如果 SPD 不进入过载故障模式,则应以交流电流作过载故障模式测试。

b) 交流电流过载故障模式测试

按生产厂提供信息决定是否作交流电流过载故障模式测试。如图 8 所示连接 SPD。应施加 15 min 的交流电流(50 Hz 或 60 Hz)。电源的开路电压应足够高以使 SPD 完全导通。测试结束后,安装支架应无损伤,绝缘电阻、限制电压和串联电阻应符合要求。

6.3.6.2.3 盲点测试

为了确定在多级 SPD 中是否存在盲点,应以一个新试品进行以下的测试。

- 选取在确定 U_p 时采用的相同的冲击波形。施加冲击期间,用示波器测量冲击限制电压及电压-时间波形。
- 将开路电压减至 a)中所用的电压值的 10%,施加一个正极性冲击于 SPD 上,同时用示波器监视限制电压。限制电压波形应不同于 a)中所得波形。如波形相同,则选择一较低开路电压值,但是此电压应大于 U_c 。
- 施加幅值等于 a)中所用电压的 20%、30%、45%、60%、75%及 90%的正极性冲击于 SPD 上,同时监视限制电压的波形。在限制电压波形回到 a)中所得波形时,停止改变电压。
- 将该开路电压百分数减 5%重新开始测试,开路电压每次降 5%,直至得到 b)中所记录的波形。
- 用 d)中取得 b)波形时的开路电压,施加二个正极性及二个负极性的冲击。

做完 a)至 e)的测试后,SPD 应符合绝缘电阻的要求。

6.3.6.2.4 对有限流元件的 SPD 的附加测试

6.3.6.2.4.1 额定电流测试

如图 22 所示连接 SPD。测试电压源应足以供给生产厂标称的额定电流值。电流频率应为 0(d.c)或 48 Hz~62 Hz(a.c)。

对每种 SPD 结构,用电阻 R_s 或 R_{s1} 及 R_{s2} 调节施加的测试电流。试品的限流功能至少应传导额定电流 1 h。在测试期间,可触及部件温度不应过高,限流元件应不动作。

6.3.6.2.4.2 串联电阻测试

如图 22 所示连接 SPD。源电压应低于生产厂标称的最大断路电压。电流频率应为 0(d.c)或 48 Hz~62 Hz(a.c)。

通过调节电阻 R_s 或 R_{s1} 及 R_{s2} ,使测试电流等于额定电流。串联电阻由 $(e-IR_s)/I$ 求出,式中 e 为电源电压, I 为图 22 中电流表测出的额定电流。

6.3.6.2.4.3 电流响应时间测试

如图 22 所示连接 SPD。源电压应小于生产厂标称的最大断路电压,频率应为 0(d.c)或 48 Hz~62 Hz(a.c)。

对每一种 SPD 结构,通过调节电阻 R_s 或 R_{s1} 及 R_{s2} ,使起始负荷电流等于额定电流,待电流稳定后,调 R_s 、 R_{s1} 或 R_{s2} 使测试电流分别为额定电流的 1.5 倍、2.1 倍、2.75 倍、4 倍及 10 倍。响应时间为加电开始至电流降为低于额定电流的 10% 为止的时间。如果测试电流超过限流元件的最大电流容量,则测试电流应为限流元件能够承受的最大电流。对每个测试电流,记录限流功能的响应时间。并与生产厂标称值比较。

6.3.6.2.4.4 电流复位时间测试

如图 22 所示连接 SPD。源电压应小于生产厂标称的最大断路电压。频率应为 0(d.c)或 48 Hz~62 Hz(a.c)。

对每一种 SPD 结构,通过调节电阻 R_s 或 R_{s1} 及 R_{s2} ,使起始负荷电流等于额定电流。电流稳定后,调小 R_s 或 R_{s1} 及 R_{s2} ,增加测试电流使 SPD 的限流元件动作。在测试电流减至额定电流的 10% 后,维持此测试条件 15 min。

然后,调节 R_s 或 R_{s1} 及 R_{s2} 值使电流升至起始数值。记录负荷电流恢复到 90% 以上额定电流所用时间,该时间应小于 120 s。依照应用情况,对自恢复限流功能可在小于额定电流的情况下进行测试。对可恢复限流元件,电源电流被遮断的时间应小于 120 s。此后可恢复限流功能应传导额定电流 5 min,以确保限流功能已返回其静止状态。

6.3.6.2.4.5 最大断路电压测试

如图 22 所示连接 SPD。测试电压应为生产厂规定的最大断路电压。频率应为 0(d.c)或 48 Hz~62 Hz(a.c)。

调节电阻 R_s 或 R_{s1} 及 R_{s2} 使 SPD 的限流元件动作。维持此测试条件 1 h。1 h 后,SPD 的限流功能应满足串联电阻、电流响应时间和电流复位时间的要求。

6.3.6.2.4.6 工作状态测试

如图 22 所示连接 SPD。测试电压应为生产厂声称的最大断路电压。频率应为 0(d.c)或 48 Hz~62 Hz(a.c)。

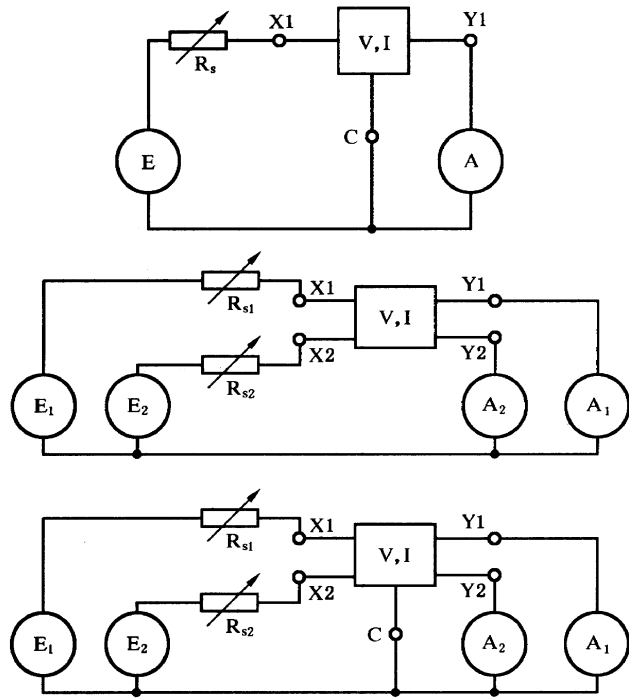
对每一种 SPD 结构,用短路导线替代 SPD,调节 R_s 或 R_{s1} 及 R_{s2} 使负荷电流为按表 25 所选的电流值。所选电流值应足以使限流元件动作。将短接线去掉,接入 SPD,施加测试电流直至测试电流降低到低于额定电流的 10% 以下为止。

在每个 SPD 动作后,至少拆除电源 2 min 使限流元件返回其静止状态。施加测试电流之后紧接着是一个不加电期,如此循环往复直至达到表 25 所示的次数。

最后一个循环之后,SPD 应符合串联电阻、电流响应时间和电流复位时间的要求。

表 25 工作状态测试的推荐电流值

电流(d.c 或 a.c. r. m. s)/A	施加次数
0.5	60
1	10
3	5
5	5
10	3



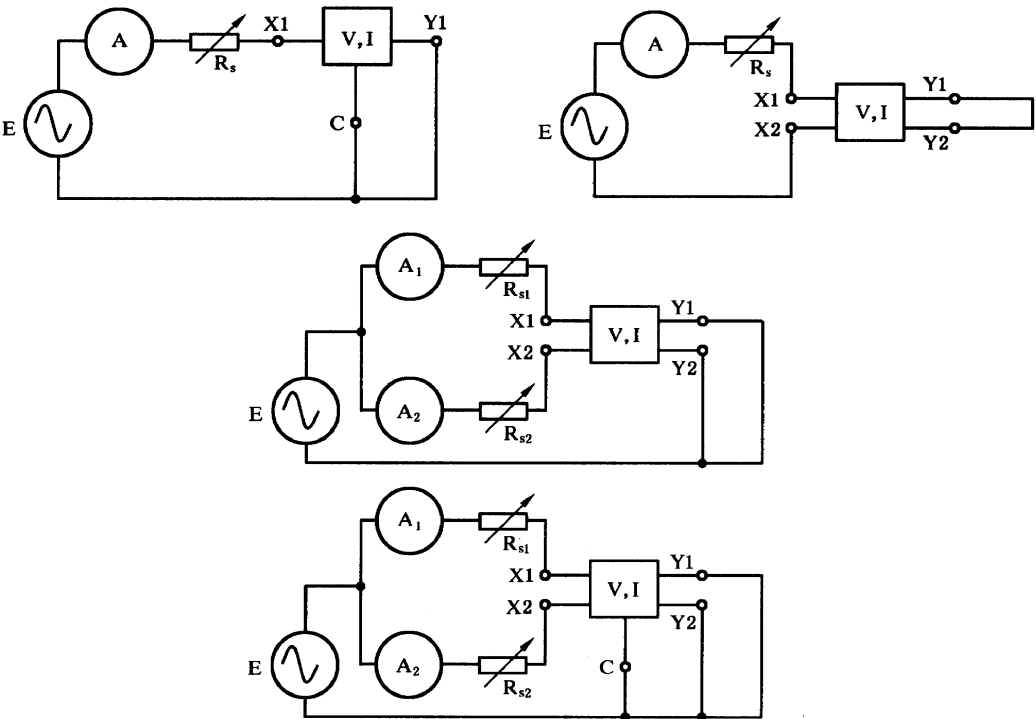
A, A₁, A₂—— 电流表；
E, E₁, E₂—— 直流或交流电压源；
R_s, R_{s1}, R_{s2}—— 电压源无感电阻；
V—— 限压元件；
V, I—— 限压元件和限流元件的组合；
X1, X2—— 线路端子；
Y1, Y2—— 被保护线路端子；
C—— 公共端子。

图 22 额定电流、串联电阻、电流响应时间、电流复位时间、
最大断路电压和工作状态测试的测试电路原理图

6.3.6.2.4.7 交流耐受能力测试

如图 23 所示连接 SPD。从表 26 选取交流短路电流值，施加规定次数的交流电流到试品上，施加电流的间隔时间应足够长，以防止试品中热量的积累。交流源电压的峰值不应超过生产厂标称的最大断路电压。在测试之前和完成施加规定次数的电流之后，SPD 应符合额定电流、串联电阻和电流响应时间的要求。

电流应施加到表 27 所选定的合适的端子上。对于三端及五端 SPD，如需要，电流可施加到 X1-X2 端子上。对三端及五端 SPD，可同时或分别以同一极性对未受保护侧的每一对端子(X1-C 及 X2-C)进行测试。



A, A₁, A₂—— 电流表；
E—— 交流电压源；
R_s, R_{s1}, R_{s2}—— 电压源无感电阻；
V—— 限压元件；
V, I—— 限压元件和限流元件的组合；
X1, X2—— 线路端子；
Y1, Y2—— 被保护线路端子；
C—— 公共端子。

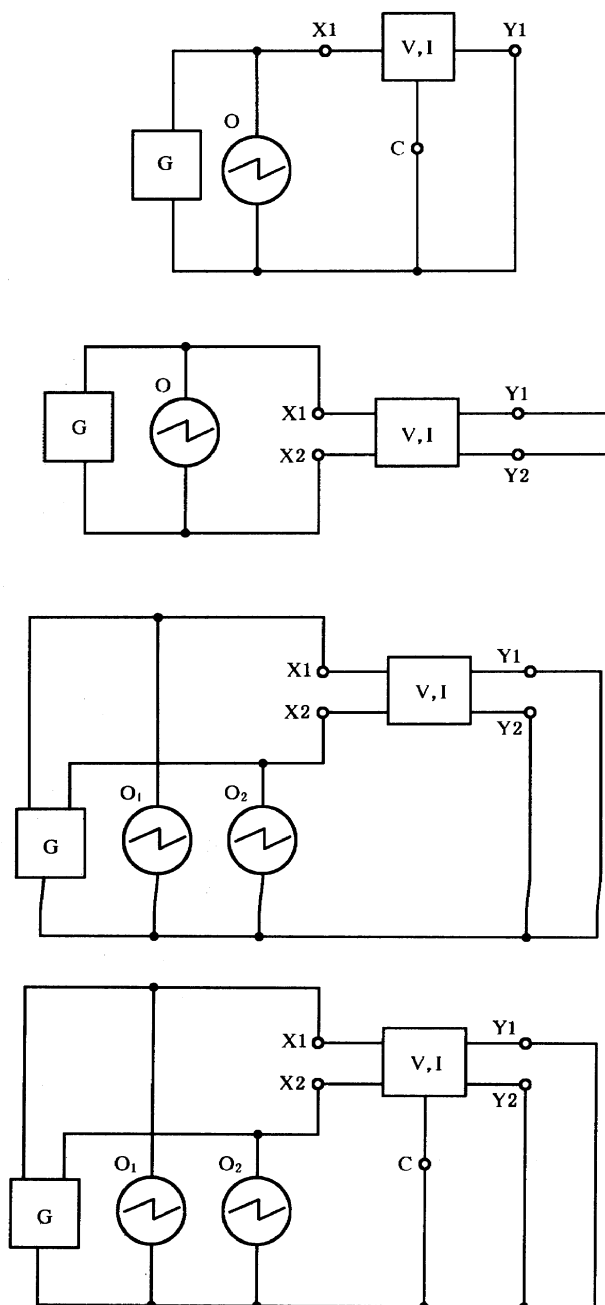
图 23 交流耐受能力的测试电路原理图
表 26 交流耐受能力(限流)测试的推荐电流值

短路电流(r. m. s)(48 Hz~62 Hz)/A	持续时间/s	施加次数	测试端子
0.25	1	5	X1-C X2-C X1-X2
0.5	1	5	
0.5	30	1	
1	1	5	
1	1	60	
2	1	5	
2.5	1	5	
5	1	5	

6.3.6.2.4.8 冲击耐受能力测试

如图 24 所示连接 SPD。从表 27 选取冲击电压和冲击电流。施加规定次数的冲击电流于试品上，施加冲击的间隔时间应足够长，以防止热量的积累。规定次数的一半以一种极性进行，另一半则以相反极性进行。另一方法是，一半的试品以一种极性测试，而另一半试品以相反极性进行。测试之前和完成施加规定次数的冲击电流之后，SPD 应符合额定电流、串联电阻和电流响应时间的要求。

应从表 27 选取冲击电流值并施加到合适的端子上。在需要时可对三端及五端 SPD 的 X1-X2 端子施加冲击。对三端及五端 SPD, 可同时或分别以同一极性对输入端的每一对端子(X1-C 及 X2-C)进行测试。



O, O₁, O₂ —— 示波器;

G —— 冲击发生器;

V —— 限压元件;

V, I —— 限压元件和限流元件的组合;

X1, X2 —— 线路端子;

Y1, Y2 —— 被保护线路端子;

C —— 公共端子。

图 24 冲击耐受能力测试电路原理图

在试验时,可要求把小电流熔断器的 $I^2 \cdot t$ 水平减小到 SPD 的额定值以内。电子限流器(如以电弧方式工作的气体放电管)可以设计成随最小保护的负载阻抗或电压动作。如有需要,这种电子限流器应增加到测试电路中。

表 27 冲击耐受能力(限流)测试的电流推荐值

开路电压	短路电流	施加次数	测试端子
1 kV	100 A, 10/1 000 μ s	30	X1-C X2-C X1-X2
1.5 kV, 10/700	37.5 A, 5/300 μ s	10	
最大断路电压	25 A, 10/1 000 μ s	30	
最大断路电压	ITU-T K17 建议图 1/K17	10	
4 kV, 1.2/50	2 kA, 8/20 μ s	10	

6.3.6.2.5 高温高湿耐受能力试验

将试品置于高温(85℃)和高湿(相对湿度 90%)的试验箱内,试验时间见表 28。

表 28 高温高湿耐受能力试验时间推荐选用值

试验等级	1	2	3	4
天数/d	10	21	30	56

可用图 25 提供的相应试验电路对 SPD 进行测试,试验期间以直流或交流电源给 SPD 加电,试验电压应为生产厂标称的 U_n 值。电源应有足够的电流容量给试品 SPD 供电。试验结束后,应将 SPD 冷却至 23℃±2℃的环境温度。

a) 通过冲击电流的环境循环试验方法如下:

以表 30 选定的循环对应时间,将试品置于非冷凝循环条件下,在试验期间,采用表 29 规定特性的冲击发生器,以提供足够高的开路电压。

表 29 限制电压测试类型与混合波,施加次数选择

类 别	测试类型	开路电压 ^a	短路电流	最小施加次数	被测端子
C1	快上 升速率 (di/dt)	0.5 kV 或 1 kV 1.2/50	0.25 或 0.5 kA 8/20	300	X1-C X2-C X1-X2 ^b
C2		2 kV, 4 kV 或 10 kV 1.2/50	1 kA, 2 kA 或 5 kA 8/20	10	
C3		≥1 kV/μs	10、25 A 或 100 A 10/1 000	300	
a 开路电压采用 1 kV 以下时,应能使 SPD 动作。					
b 一般情况下不需要对 X1-X2 的端子进行测试。					

当选用 A 类循环时,在连续的五天中每天施加二次冲击电流,接着后两天不施加冲击电流。另一方面是,当选用 B 类循环时,在第一天及最后一天,每天施加两个冲击。施加冲击时,在表 30 所给出的上限温度 T_1 时施加一次,在表 30 所给出下限温度 T_2 时施加另一次冲击。应在上下限温度恒定段的中心前后一小时范围内施加。同一天中所施加的冲击电流应具有相同的极性,下一天则应为另一极性。此过程周而复始直至完成环境循环试验。

采用图 25 的适合测试电路对 SPD 进行试验,在整个环境试验过程中,用直流电源给 SPD 加电。直流电源的正、负电压值均不应超过 U_n 值。施加冲击电流期间,不应由直流电源对 SPD 供电。

表 30 环境循环试验的推荐温度及时间

循环类型	上限温度 T_1 /℃	下限温度 T_2 /℃	循环天数/d
A 类循环-图 26	32±2	4±2	30
B 类循环-图 27 (根据 GB/T 2413.4 中 6.3.3 修改 2)	40 或 55±2	25±3	5

施加每一电流冲击时应测量限制电压。施加每次冲击后,1 h 内应测量绝缘电阻。如果已知直流电源极性对 SPD 影响显著,则应在正负两种极性下作绝缘电阻测量。

环境循环试验完成后 1 h 内,SPD 应满足绝缘电阻的要求和限制电压低于 U_p 的要求。

b) 通过交流电涌的循环试验方法如下:

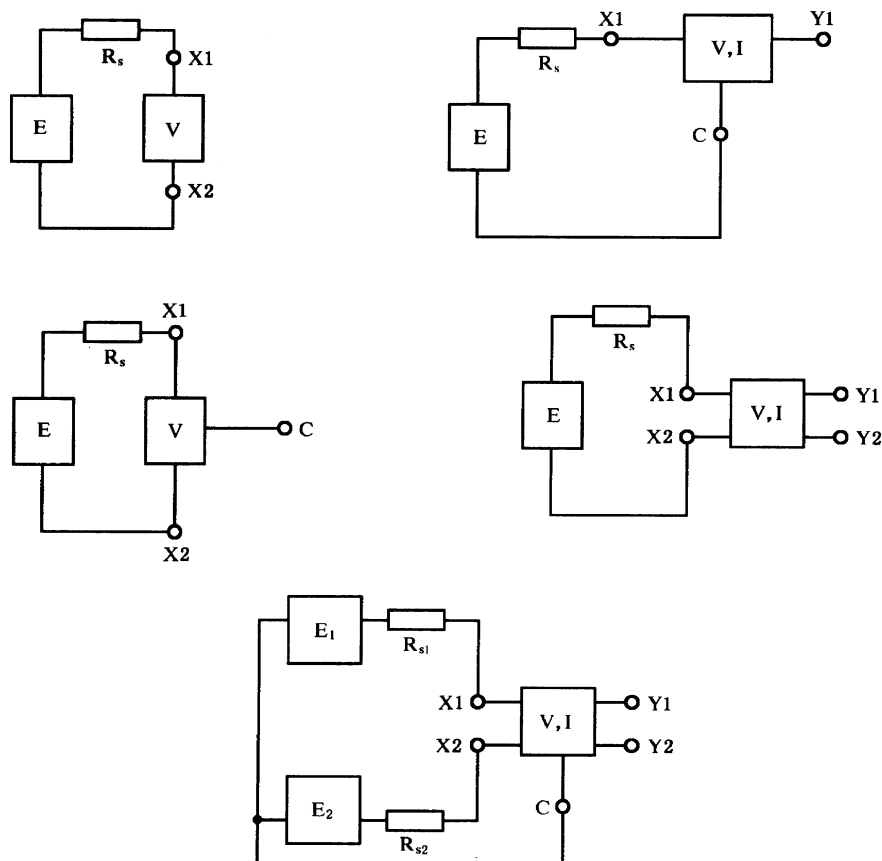
SPD 应置于非冷凝循环条件下,由表 30 中选取相应的循环天数。试验的交流开路电压应足够大,以使试品 SPD 完全导通,试验电流可从表 16 中选取。

当选择 A 类循环时,在连续五天中每天施加两次交流电流冲击,接着后两天不施加冲击。当选择 B 类循环时,在第一天及最后一天每天施加两次交流电流冲击。施加交流电流冲击时间应在表 30 所给出的上限温度 T_1 时施加一次,在下限温度 T_2 时施加另一次。交流电流施加的时间应在温度上限与温度下时间定段中心前后 1 h 范围内。此过程周而复始,直到完成环境循环试验。

应采用图 25 的适合测试电路对 SPD 进行试验,在整个试验过程中应由直流电源供电。该电源的正、负电压值均不应超过 U_c 值。在施加交流电流期间,不应由直流电源对 SPD 供电。

施加每一交流电流冲击时应测量交流限制电压。施加每次交流电流冲击后的 1 h 内应做绝缘电阻测量。如果已知直流电源极性对试品 SPD 有敏感的影响,则应正负两种极性下进行测量。

环境循环试验完成 1 h 内,SPD 应满足绝缘电阻的要求和限制电压低于 U_p 的要求。



E, E_1, E_2 ——直流或交流电压源;

R_s, R_{s1}, R_{s2} ——电压源无感电阻;

V ——限压元件;

V, I ——限压元件和限流元件的组合;

$X1, X2$ ——线路端子;

$Y1, Y2$ ——被保护线路端子;

C ——公共端子。

图 25 高温/高湿耐受能力和环境循环的测试电路原理图

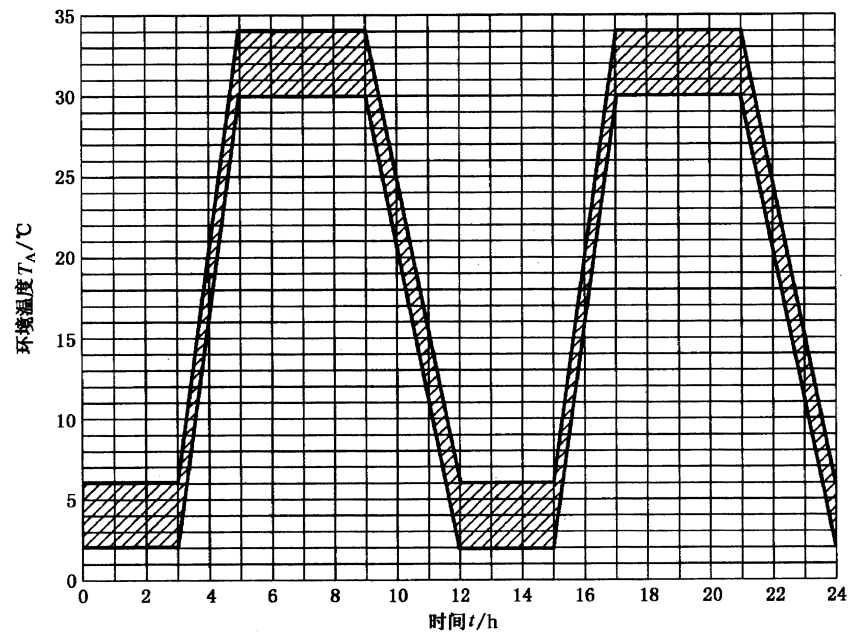
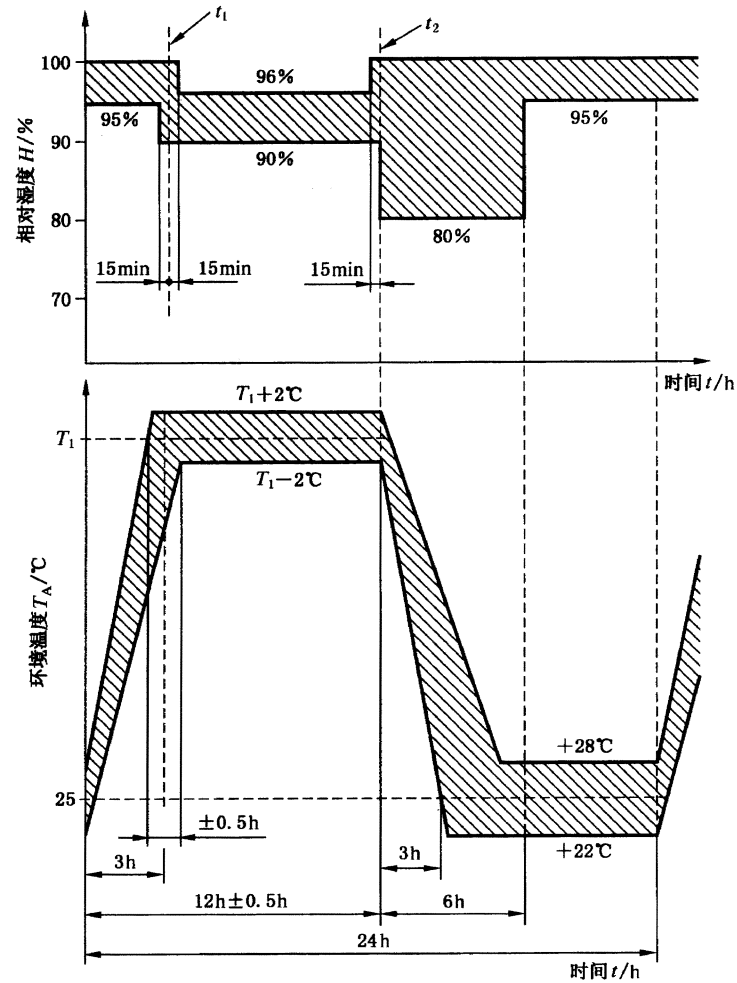


图 26 相对湿度大于和等于 90 % 的 A 类环境循环示意图



T_1 ——上限温度 +40°C 或 +55°C；
 t_1 ——升温结束；
 t_2 ——开始降温。

图 27 B 类环境循环示意图

6.4 例行试验和验收试验

6.4.1 例行试验

SPD 出厂前生产厂应按规定进行例行试验,以验证 SPD 是否满足主要的技术要求。在各项技术要求中主要是 SPD 的电涌保护性能要求,重点是 U_p 值、动作负载试验和 I_{res} 值的试验。例行试验方法与型式试验采用的方法相同。

6.4.2 验收试验

验收试验是在订货方与生产厂(或代理商)之间按合同进行的。抽取试品数量为订货数目立方根的整数值。任何数目和试验类型的变更均须购销双方协商达成一致。

如果没有特别的申明。验收试验主要应包括

- a) 标志和铭牌的试验;
- b) 有关电气性能的试验。

7 标志、铭牌、使用说明书

7.1 信息内容

SPD 生产厂必须在其产品标志、铭牌或使用说明书上提供下列信息:

- 1) 生产厂名、商标及型号;
- 2) 使用地点(室内或室外);
- 3) 是否串有阻抗(双口或单口),如串有阻抗应注明数值;
- 4) 安装方法和安装指南(如连接导体的额定连接容量、数量、导线长度等);
- 5) 最大持续运行电压 U_c (每一种保护模式一个值);
- 6) 生产厂标称的在各保护模式下放电参数的试验类别:
 - I 级分类试验 I_{imp} ;
 - II 级分类试验 I_{max} ;
 - III 级分类试验 U_{oc} ;
- 7) I 级分类及 II 级分类试验预处理中的标称放电电流值 I_n (每一种保护模式一个值);
- 8) 电压保护水平 U_p (每一种保护模式一个值);
- 9) 额定负载电流 I_L (如果需要);
- 10) 外壳防护等级(当 $IP > 20$ 时);
- 11) 短路电流承受能力预期值;
- 12) 生产厂推荐的后备过电流保护最大额定值(如果适用);
- 13) 脱离器动作指示(如果有);
- 14) 具有特殊用途产品的安装位置(如果有);
- 15) 接线端子标志(如果需要);
- 16) 接口型式(如果需要);
- 17) 电网电流类型:直流(d. c.)、交流(a. c.)(48~62 Hz),或两者都可应用;
- 18) I 级分类试验中比能量(W/R);
- 19) 适用温度范围;
- 20) 开关型额定断开续流值;
- 21) 推荐使用外部脱离器的指标(如果需要);
- 22) 残流 I_{res} (可选的);
- 23) TOV 特性指标;
- 24) 冲击复原时间(如果需要);
- 25) 交流耐受能力(如果需要);

- 26) 过载故障模式(如果需要);
- 27) 传输特性(传输速率、插入损耗、驻波比、带宽等)(如果需要);
- 28) 工作频段(如果需要)。

7.2 铭牌

7.1 中 1) 5) 6) 8) 10) 12) 15) 和 17) 须以铭牌形式固定在 SPD 上。所有标志必须是牢固及清晰明了,不应标在螺钉和可拆卸的物体上(如垫圈等)。如受条件限制,除 1) 项外,其他信息可标在小包装上。单口 SPD,无须提供额定负载电流。

8 包装、运输、贮存

8.1 包装

SPD 的包装必须保证在运输中不因包装不良而使产品损坏。在包装箱上应标明:

- a) 生产厂名、产品名称及型号;
- b) 发货单位、收货单位及详细地址;
- c) 产品净重、毛重、体积等;
- d) “小心轻放”、“向上”、“防潮”等字样和标记,字样和标记应符合有关标准的要求。

8.2 随产品提供的技术文件

- a) 包装清单;
- b) 产品出厂合格证明书;
- c) 安装、使用说明书。

8.3 运输和贮存

整只产品或分别运输的部件和包装,都要适用运输、装卸的要求。如果产品对运输、装卸和贮存有其他特殊要求时,生产厂应在包装箱上有明确的标志。

附录 A (规范性附录)

I 级分类试验 SPD 的 I_{peak} 的选择

A.1 I_{peak} 值的计算方法

在 LPZOA 或 LPZOB 区与 LPZ1 区的界面处做等电位连接用的接线夹和电涌保护器,应采用雷电流参量估算通过它们的分流值。当无法估算时,可按以下方法确定:全部雷电流 I 的 50% 流入建筑物防雷装置的接地装置,其另 50%,即 I_s 分配于引入建筑物的各种外来导电物、电力线、通信线等设施。流入每一设施的电流 I_i 等于 I_s/n , n 为上述设施的个数。流经无屏蔽电缆芯线的电流 I_v 等于电流 I_i 除以芯线数 m , 即 $I_v = I_i/m$; 对有屏蔽的电缆,绝大部分的电流将沿屏蔽层流走。尚应考虑沿各种设施引入建筑物的雷电流。应采用以上两值的较大者。

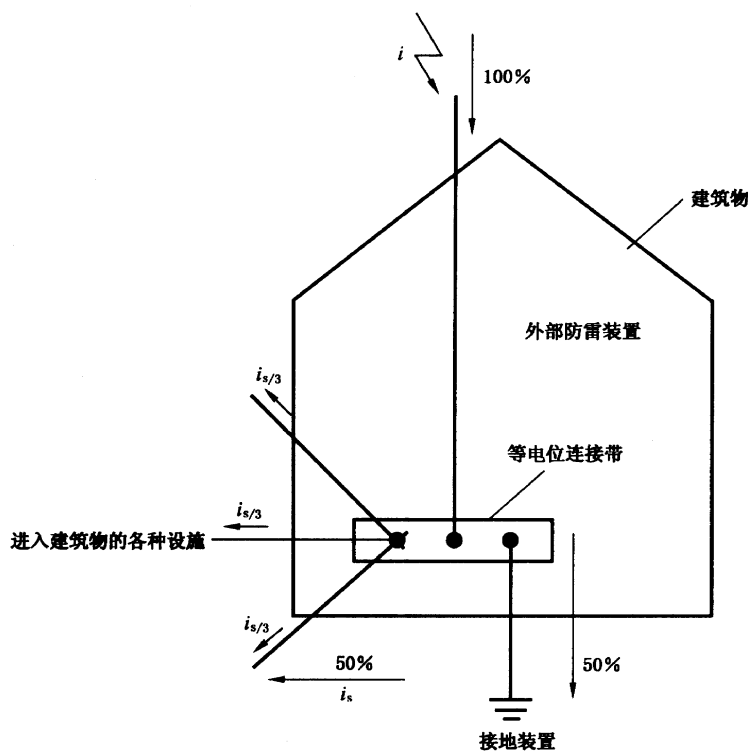


图 A.1 进入建筑物的各种设施之间的雷电流分配

A.2 I_{peak} 选择举例

在 LPZOA 或 LPZOB 区与 LPZ1 区交界处,在从室外入户的线路上安装的 SPD,应选用符合 I 级分类试验的产品。

现举一例说明如何在 LPZOA 或 LPZOB 区与 LPZ1 区交界处选用和安装电源系统用 SPD。

一建筑物属于第二类防雷建筑物,从室外引入水管、电力线、信息线。电力线为 TN-C-S,在入口于界面处在电力线路的总配电箱上装设三台 SPD,在此以后改为 TN-S 系统。

对第二类防雷建筑物,首次雷击和后续雷击雷电流幅值分别为 150 kA 和 37.5 kA,波头时间分别为 10 μ s 和 0.25 μ s。

按图 A.1 得 $I_{i1} = 150/2/3 = 25$ kA 和 $I_{i2} = 37.5/2/3 = 6.25$ kA。

每个 SPD 通过的电流:首次雷击为 $I_{v1} = 25/3 = 8.3$ kA,后续雷击 $I_{v2} = 6.25/3 = 2.1$ kA。

所以,选用 I 级分类试验的 SPD 时,其 $I_{\text{peak}} > 8.3 \text{ kA} (10/350 \mu\text{s})$ 。

当电力线有屏蔽层时,所选用的 I 级分类试验的 SPD,其 $I_{\text{peak}} > 0.3 \times 8.3 \text{ kA} = 2.5 \text{ kA}$ 。

对 I 级分类试验的 SPD,在其电压保护水平为 4 kV 的情况下,当 SPD 上、下引线总长度为 1 m 时(电感为 $1 \mu\text{H/m}$),电流最大平均陡度为 $I_{\text{v2}}/T_1 = 2.1/0.25 = 8.4 \text{ (kA}/\mu\text{s)}$ (线路无屏蔽层)和 $I_{\text{v2}}/T_1 = 0.3 \times 2.1/0.25 = 2.52 \text{ (kA}/\mu\text{s)}$ (线路有屏蔽层)。

因此,最大电涌电压为

$U_{\text{AB}} = 4 \text{ kV} + 8.4 \times 1 = 12.4 \text{ kV}$ (无屏蔽层)和 $U'_{\text{AB}} = 4 \text{ kV} + 2.52 \times 1 = 6.52 \text{ kV}$ (有屏蔽层)。

附 录 B
(规范性附录)
外壳防护等级(IP 代码)

B.1 IP 代码的组成和含义

B.1.1 IP 代码由以下五部分组成：

- 代码字母 IP
- 第一位表征数字
- 第二位表征数字
- 附加字母
- 补充字母

在不要求规定表征数字时,可用“X”代替。不要求规定附加字母或补充字母时可以省略,不需代替。

B.1.2 IP 代码的组成和含义见表 B.1。

表 B.1 IP 代码的组成及含义

组 成	数字或字母	对设备防护的含义	对人员防护的含义	参照章条 (GB 4208)
代码字母	IP	—	—	
第一位 表征数字		防止固体异物进入	防止接触危险部件	
	0	无防护	无防护	第 5 章
	1	$\geq \phi 50 \text{ mm}$	手	
	2	$\geq \phi 12.5 \text{ mm}$	手指	
	3	$\geq \phi 2.5 \text{ mm}$	工具	
	4	$\geq \phi 1.0 \text{ mm}$	金属线	
	5	防尘	少量尘埃	
	6	尘密	全无尘埃	
第二位 表征数字		防止进水造成有害影响		
	0	无防护		第 6 章
	1	垂直滴水		
	2	15°滴水		
	3	淋水		
	4	溅水	—	
	5	喷水		
	6	猛烈喷水		
	7	短时间浸水		
	8	连续浸水		
附加字母 (可选择)			防止接近危险部件	
	A		手	第 7 章
	B		手指	
	C	—	工具	
	D		金属线	

表 B.1(续)

组 成	数字或字母	对设备防护的含义	对人员防护的含义	参照章条 (GB 4208)
代码字母	IP	—	—	
补充字母 (可选择)		专门补充的信息		
	H	高压设备		第 8 章
	M	做防水试验时试品运行		
	S	做防水试验时试品静止		
	W	气候条件		

B.2 常用的外壳防护等级见表 B.2

表 B.2 常用的外壳防护等级

第一位 表征数字	第二位表征数字								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	防护等级 IP								
0	IP00	—	—	—	—	—	—	—	—
1	IP10	IP11	IP12	—	—	—	—	—	—
2	IP20	IP21	IP22	IP23	—	—	—	—	—
3	IP30	IP31	IP32	IP33	IP34	—	—	—	—
4	IP40	IP41	IP42	IP43	IP44	—	—	—	—
5	IP50	—	—	—	IP54	IP55	—	—	—
6	IP60	—	—	—	—	IP65	IP66	IP67	IP68

附 录 C
(规范性附录)
连接端子的结构

C.1 定义

C.1.1 接线端子 terminal

SPD 与外部电路进行电气连接的导电部分。可采用螺钉、螺母、插头、插座等方法。

C.1.2 螺钉型接线端子 screw-type terminal

用于连接一个或二个以上导体,随后可拆卸这些导体的接线端子,其连接可直接或间接地用各种螺钉或螺母来完成。

C.1.3 螺钉接线端子 screw terminal

靠螺钉端部来压紧导体的螺钉型接线端子。紧固压力可直接由螺钉端部或通过一个过渡零件,如垫圈、夹紧板或防松部件来施加。

C.1.4 螺栓接线端子 stud terminal

靠螺母来紧固导体的螺钉型接线端子。紧固压力可直接由适当形状的螺母或通过过渡元件,如垫圈、夹紧板或防松部件来施加。

C.1.5 柱式接线端子 pillar terminal

导线插入孔或槽中,靠螺钉下端来压紧导体的螺钉型接线端子。紧固压力可直接由螺钉端部或通过一个由螺钉下端的过渡元件来施加。

C.1.6 鞍型接线端子 saddle terminal

靠两个或多个螺钉或螺母将导线夹紧在鞍型板下的螺钉型接线端子。

C.1.7 接线片式接线端子 lug terminal

通过螺钉或螺母来紧固电缆或母线接线片的螺钉接线端子或螺栓接线端子。

C.1.8 非螺钉型接线端子 screwless terminal

用于一根或多根导线连接和连接之后脱开的接线端子。该连接是直接或间接通过螺钉以外的其他方法如弹簧、楔形块、偏心轮或锥形轮等来实现。

C.1.9 插入式接线端子 plug-in terminal

无须移动相应电路中的导体来达到电气连接和分开的接线端子。该连接无需使用工具,而是由固定的弹性和/或运动的部件和/或弹簧来提供。

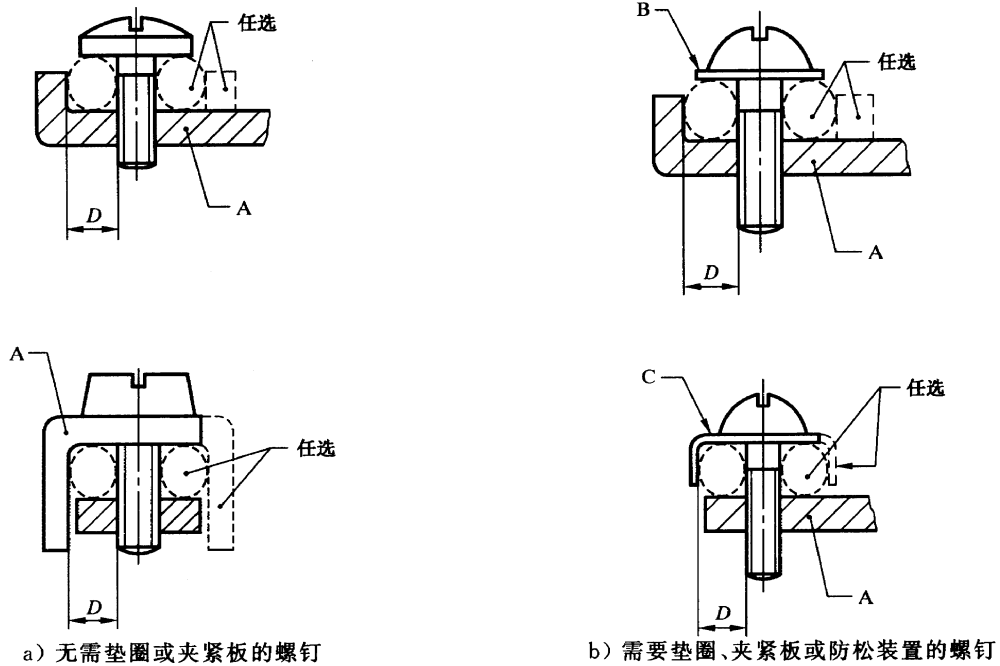
C.1.10 刺穿绝缘式连接器件 Insulation piercing connecting device

能接、拆一根导线或者互连两根或多根导线;对未经事先剥除的导线绝缘通过穿孔、打眼、切穿、剥离、移位或其他使绝缘失效的方法来进行连接的一种连接器件,在本部分中称绝缘刺穿连接(IPCD)。

注:必要时,可剥去电缆护套,这种作法不视作“事先剥除”。

C.2 接线端子示例图

接线端子示例图见图 C1~C7。



- A——固定部件；
B——垫圈或夹紧板；
C——防松脱板；
D——导体空间；
E——螺栓。

图 C.1 螺钉接线端子示例

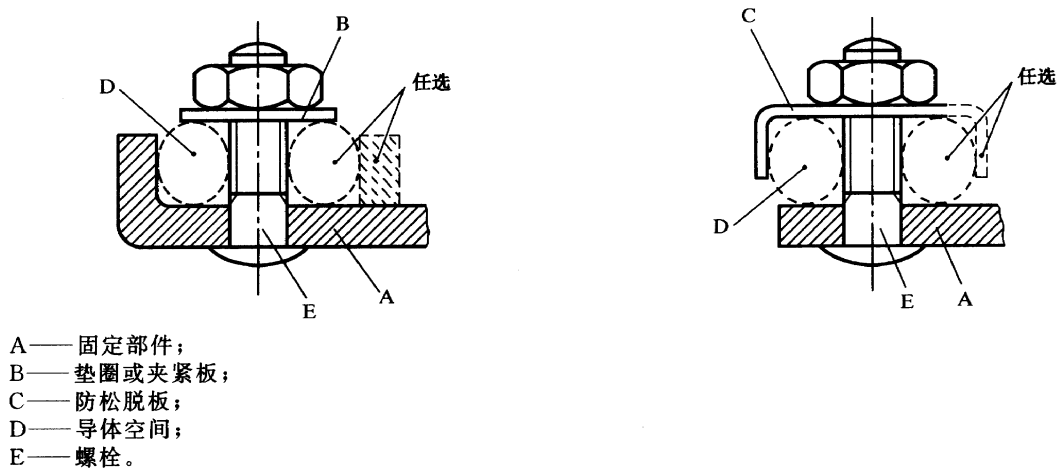


图 C.2 螺栓接线端子示例

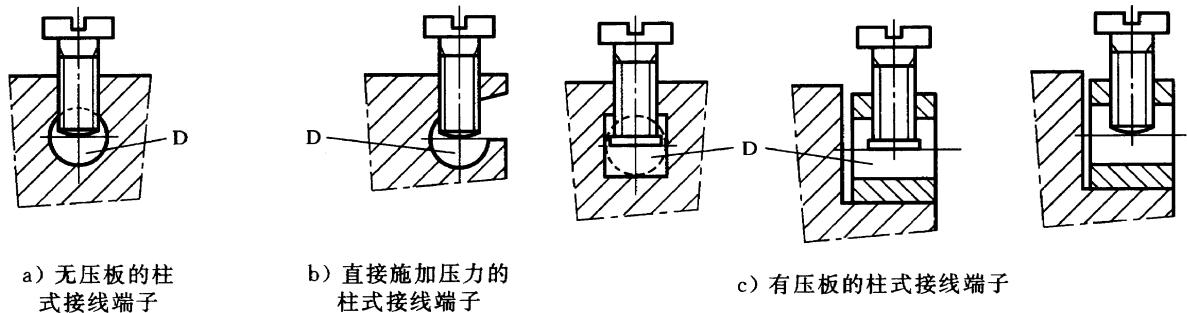
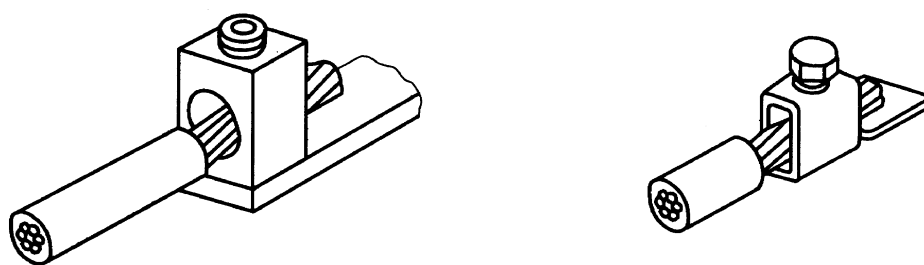
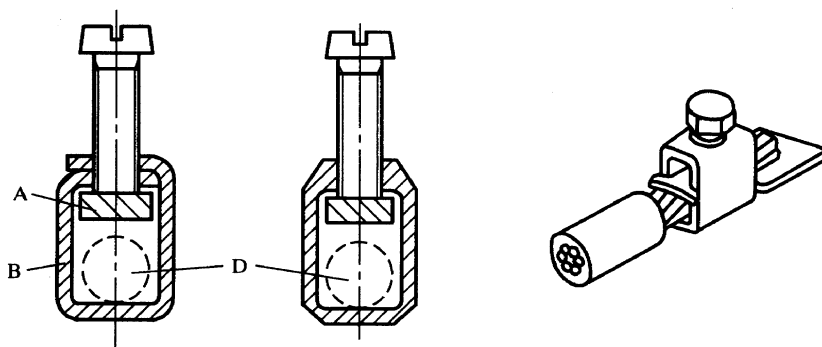


图 C.3 柱式接线端子示例



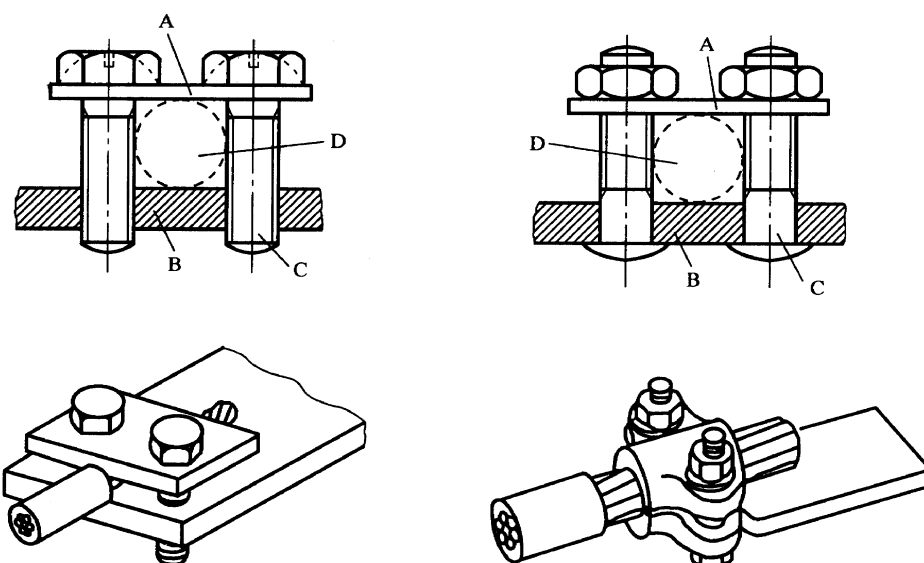
d) 有直接压力的柱式接线端子



e) 有间接压力的柱式接线端子

A——固定部件；
B——压紧装置本体；
C——导体空间。

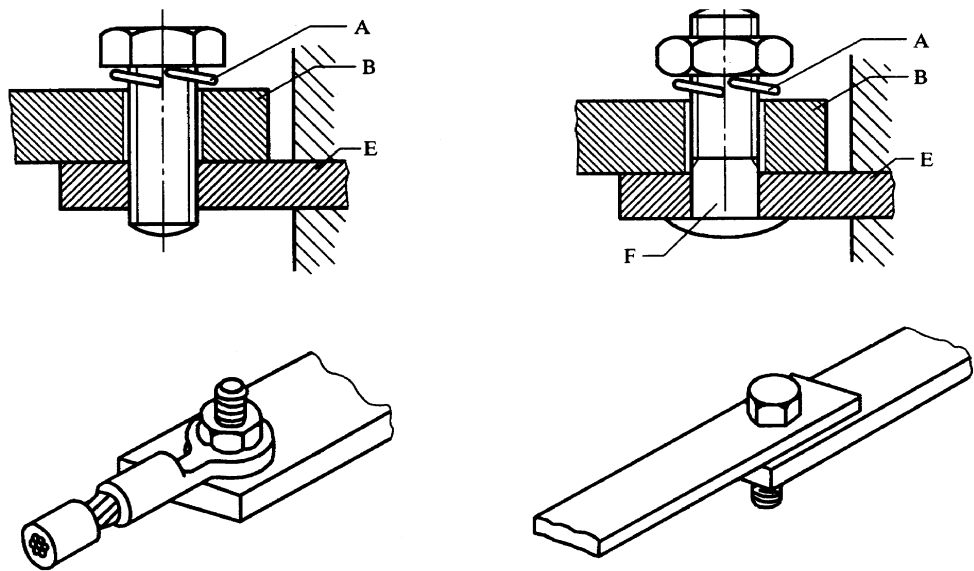
图 C.3(续)



鞍型接线端子：是一种借助两个或多个螺母或螺钉由鞍形压板压紧导体的螺钉型接线端子。

A——鞍型压板；
B——固定部件；
C——螺栓；
D——导体空间。

图 C.4 鞍形接线端子示例



接线片式接线端子：是一种利用螺钉或螺母压紧电缆接线片或接线杆的螺钉接线端子或螺栓接线端子。
A——弹簧垫圈；
B——电缆接块或接杆；
E——固定部件；
F——螺栓。

图 C.5 接线片式接线端子示例

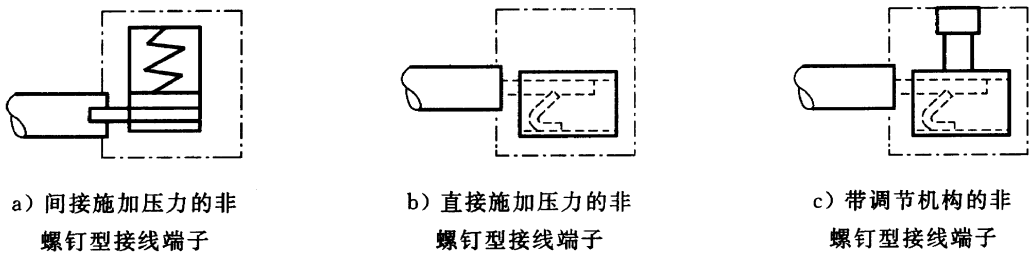
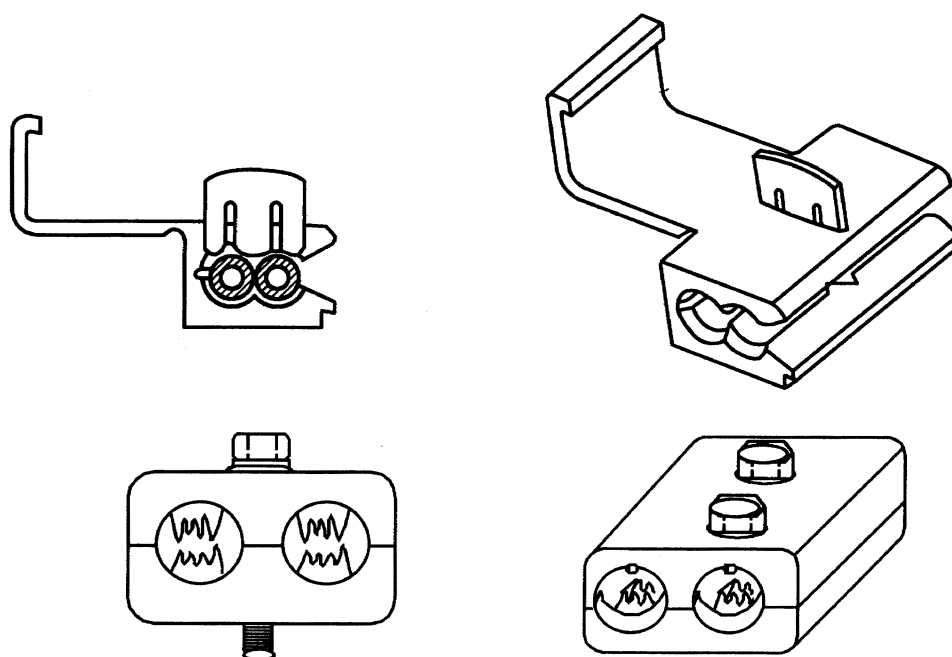
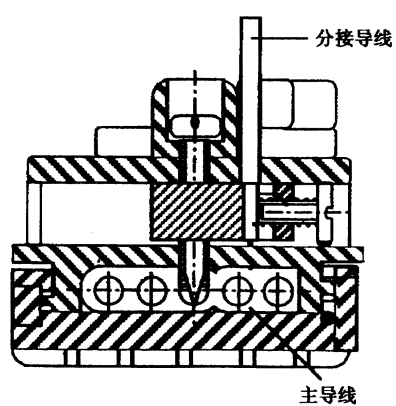


图 C.6 非螺钉型接线端子示例



a) 通过金属部件传递接触压力的 IPCD



b) 通过连接器件的绝缘和导线的绝缘两者来传递接触压力的 IPCD

图 C.7 绝缘刺穿连接示例

附录 D

(资料性附录)

连接至低压配电系统的 SPD 设计拓扑

D.1 限压元件

SPD 限压元件可分为电压开关型和限压型,定义见本部分第 3 章的内容,其名称和图形符号如图 D.1 所示。

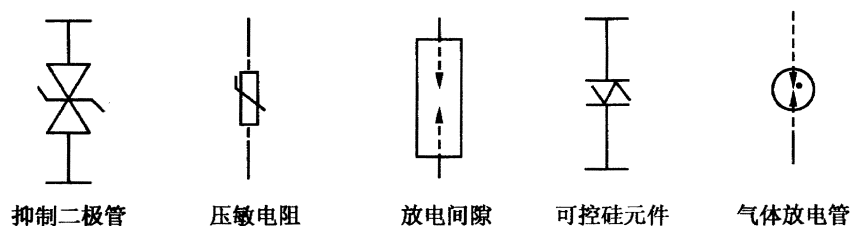


图 D.1 SPD 限压元件示例

D.2 一个端口 SPD(无串联阻抗的 SPD, 又称单口 SPD)

单口 SPD 是指 SPD 与被保护的低压配电线路并联连接,它们可能没有分开的输入/输出端(如图 D.2 中的 a)、b)、c)、d)、e)),也可能设有分开的输入/输出端(如图 D.2 中的 f)、g)、h)、i)、j))。在有分开的输入/输出端且并联使用两个元件的 SPD 的元件之间没有附加的串联阻抗。

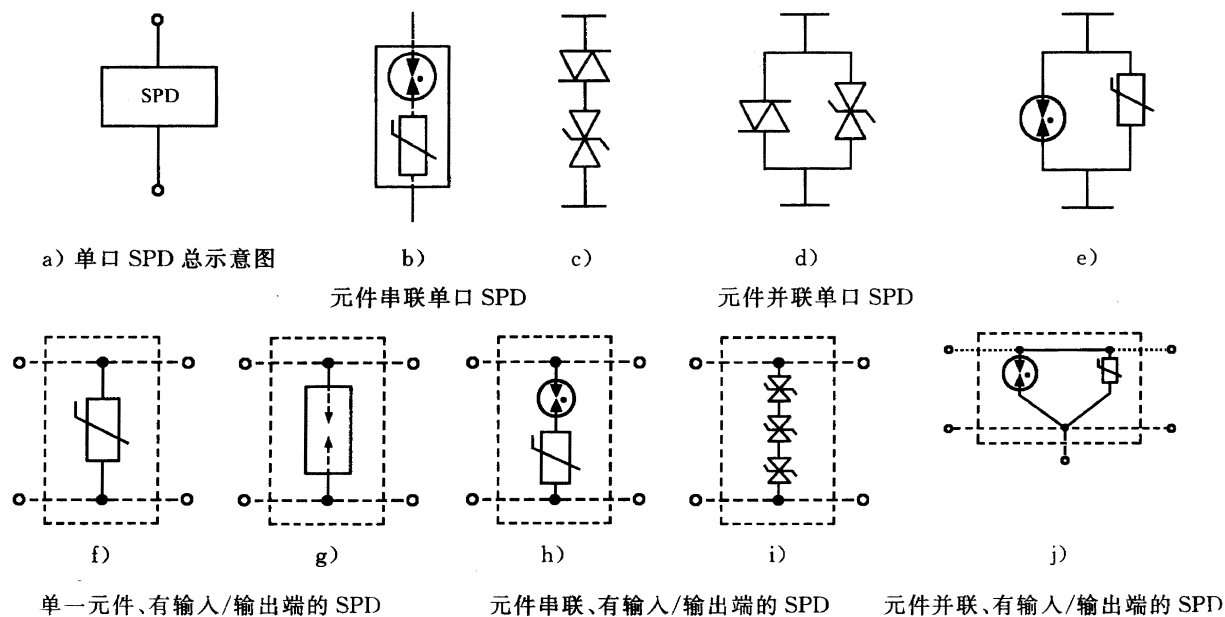


图 D.2 单口 SPD 的设计拓扑

D.3 两个端口 SPD(具串联阻抗的 SPD, 又称双口 SPD)

双口 SPD 是指具有两组输入和输出端子的 SPD,并联接入低压配电系统电路中,在输入端和输出端之间设有串联阻抗。其设计拓扑如图 D.3 所示。

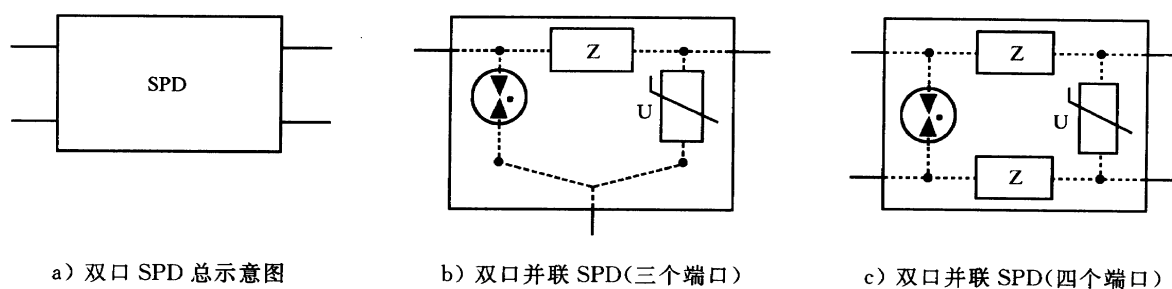
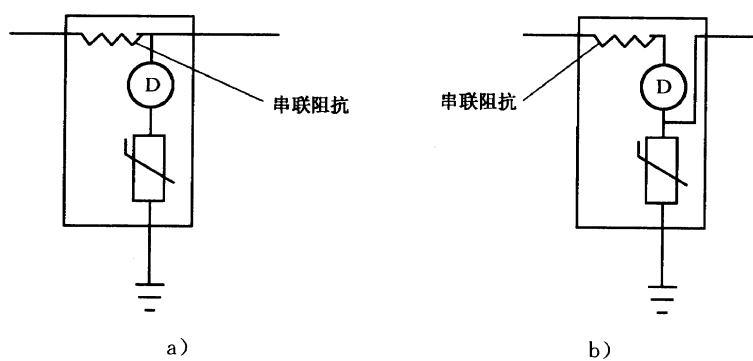


图 D.3 双口 SPD 的设计拓扑

D.4 SPD 内置脱离器

SPD 内置脱离器的设计拓扑如图 D.4 所示。



D——脱离器。

图 D.4 SPD 内设脱离器的设计拓扑

附 录 E
(规范性附录)
电气间隙和爬电距离测量方法

E.1 基本要求

图 E.1 至图 E.10 的给出规定的槽的宽度 X 基本上适用于与污染等级相关的所有示例。污染等级和槽宽度的最小值见表 E.1。

表 E.1 污染等级和槽的宽度最小值

污 染 等 级	槽宽的最小值/mm
1	0.25
2	1.0
3	1.5
4	2.5

注：污染等级见本部分 4.2.1.6 的说明。

如果有关的电气间隙小于 3 mm, 槽最小宽度可减小至该电气间隙的 1/3。

E.2 测量方法

在图 E.1 至图 E.10 的示例中, 气隙与槽之间或绝缘型式之间没有区别。

而且：

- 假定任意角被宽度为 X mm 的绝缘联接在最不利的位置下桥接(见 E.3 图)；
- 当横跨槽顶部的距离为 X mm 或更大时, 沿着槽的轮廓测量爬电距离(见 E.2 图)。

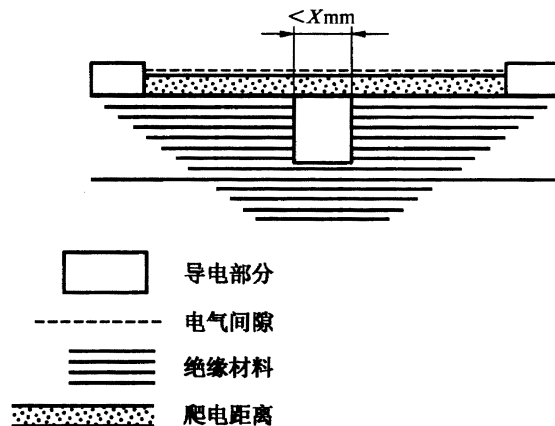


图 E.1 宽度小于 X mm 而深度为任意的平行边或收敛形边的槽的电气间隙和爬电距离路径

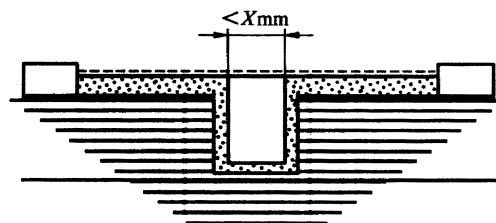


图 E.2 宽度等于或大于 X mm 的平行边的槽电气间隙和爬电距离路径

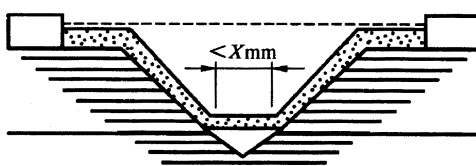
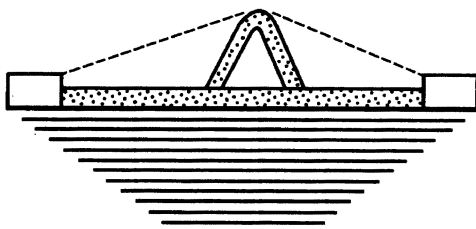
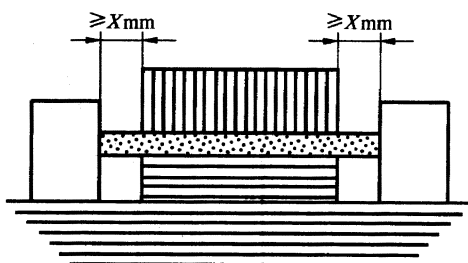
图 E.3 宽度大于 X mm 的 V 形槽的电气间隙和爬电距离路径

图 E.4 通过筋的电气间隙和爬电距离路径

注：由于筋受污染物的影响小和干透效果好，当筋高于 2 mm 时，爬电距离可减至规定值的 0.8。

图 E.5 一未粘合的接缝以及每边的宽度小于 X mm 槽的电气间隙和爬电距离路径

注：电气间隙与爬电距离值相等。

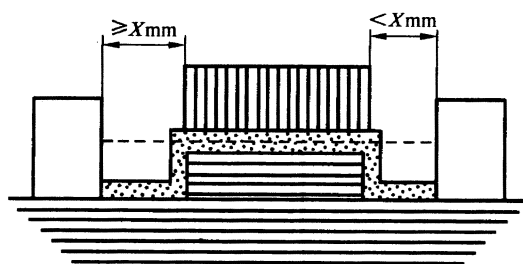
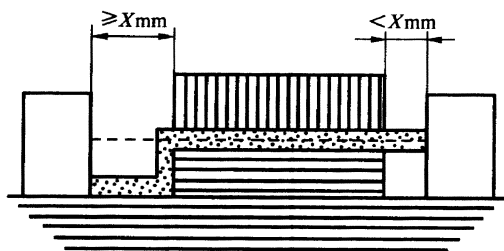
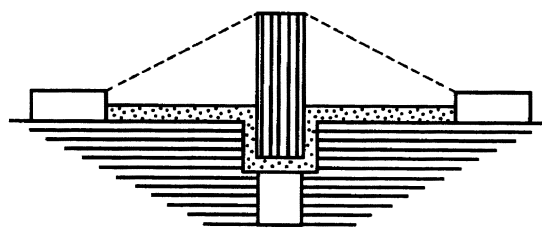
图 E.6 一未粘合的接缝以及每边的宽度等于或大于 X mm 的槽的电气间隙和爬电距离路径图 E.7 一未粘合的接缝以及一边槽宽大于(或等于) X mm，另一边的槽宽小于 X mm 的电气间隙和爬电距离路径

图 E.8 有绝缘隔板时电气间隙和爬电距离的路径

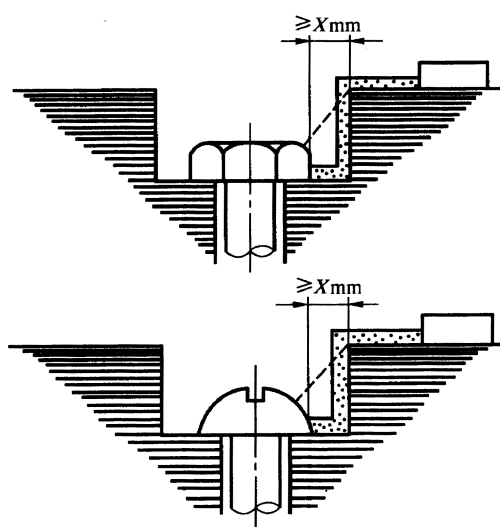


图 E.9 螺钉头与凹壁之间的间隙足够宽时电气间隙和爬电距离路径

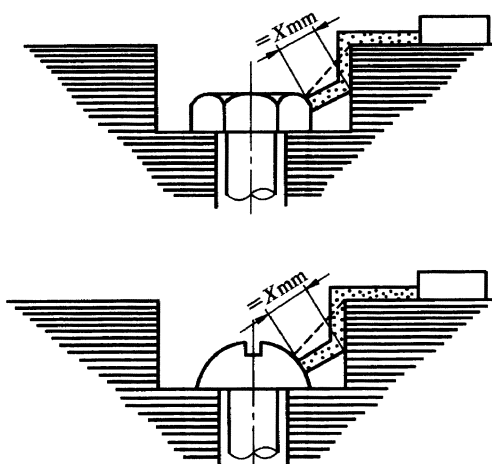


图 E.10 螺钉头与凹壁之间的间隙过分窄小时电气间隙和爬电距离的路径

附 录 F
(规范性附录)
污染等级的划分

F.1 污染等级定义

根据导电的或吸湿的尘埃,游离气体或盐类和相对湿度的大小以及由于吸潮或凝露导致表面介电强度和(或)电阻率下降事件发生的频率而对环境条件作出的分级。

F.2 污染等级分级

- a) 污染等级 1:无污染或仅有干燥的非导电性污染。
- b) 污染等级 2:一般情况仅有干燥的非导电性污染。
- c) 污染等级 3:有导电性污染或由于凝露使非导电性污染变为导电性污染。
- d) 污染等级 4:有持久性的导电性污染,如由于导电尘埃或雨雪造成的污染。

附 录 G
(规范性附录)
暂时过电压(TOV)试验值

试验程序与生产厂在 SPD 安装说明中用于低压配电系统型式及保护模式有关,见表 G.1。

表 G.1 TOV 值

使 用 模 式	按分条款要求的试验	
SPD 连接至	5 s 的最小 U_T (6.3.2.2.7)	200 ms 的 TOV 值 (6.3.2.2.5)
TN-系统		
连接至 L-(PE)N 或 L-N	$1.45U_0$	
连接至 N-PE		
连接至 L-L		
TT-系统		
连接至 L-PE	$\sqrt{3} U_0$	$1\,200\text{ V}+U_0$
连接至 L-N	$1.45U_0$	
连接至 N-PE		$1\,200\text{ V}$
连接至 L-L		
IT-系统		
连接至 L-PE		$1\,200\text{ V}+U_0$
连接至 L-N	$1.45U_0$	
连接至 N-PE		$1\,200\text{ V}$
连接至 L-L		
TN、TT 和 IT 系统		
连接至 N-PE	$\sqrt{3} U_0$	$1\,200\text{ V}+U_0$
连接至 L-(PE)N	$1.45U_0$	
连接至 N-PE		$1\,200\text{ V}$
连接至 L-L		

附 录 H
(规范性附录)
本规范用词说明

执行本规范条文时,对要求严格程度的用词说明如下:

- G.1** 表示很严格,非这样做不可的用词
正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”。
- G.2** 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词
正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”。
- G.3** 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词
正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”。
表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。
-

中 华 人 民 共 和 国 气 象
行 业 标 准
电涌保护器
第 1 部分:性能要求和试验方法

QX 10.1—2002

*

中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街 16 号
邮政编码:100045

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

开本 880×1230 1/16 印张 5½ 字数 164 千字

2003 年 3 月第一版 2003 年 3 月第一次印刷

印数 1—2 000

*

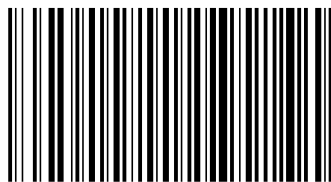
书号: 155066·2-14860 定价 42.00 元

网址 www.bzcbs.com

*

科 目 631—496

版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



QX 10.1—2002