



中华人民共和国国家标准

GB/T 18802.21—2016/IEC 61643-21:2012
代替 GB/T 18802.21—2004

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

Low-voltage surge protective devices—Part 21: Surge protective devices
connected to telecommunications and signaling networks—Performance
requirements and testing methods

(IEC 61643-21:2012, IDT)

2016-02-24 发布

2016-09-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	V
引言	VII
1 总则	1
1.1 范围	1
1.2 SPD 的结构	1
1.3 本部分的使用	2
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	5
4 使用条件和测试条件	9
4.1 使用条件	9
4.2 测试温度和测试湿度	9
4.3 SPD 测试	9
4.4 波形允许误差	10
5 要求	10
5.1 一般要求	10
5.2 电气特性要求	11
5.3 机械特性要求	16
5.4 环境要求	17
6 型式试验	18
6.1 一般检查	18
6.2 电气特性试验	18
6.3 机械特性试验	25
6.4 环境试验	27
7 验收试验	28
附录 A (资料性附录) 只带有电流限制元件的保护器件	41
附录 B 空缺	42
附录 C 空缺	43
附录 D (资料性附录) 测量精度	44
附录 E (资料性附录) 允通电流 I_p 的测定	45
附录 F (资料性附录) 测量 U_p 的基本电路	47
附录 G (资料性附录) 电信系统的特别抵抗性	48
参考文献	49
图 1 SPD 的结构示意图	1
图 2 冲击复位时间的试验电路	29

图 3	交流耐受试验和过载故障模式的试验电路	30
图 4	冲击耐受试验和过载故障模式的试验电路	31
图 5	检验额定电流、串联电阻、响应时间、电流恢复时间、最大中断电压和动作负载的试验电路 ...	32
图 6	交流耐受试验电路	33
图 7	冲击耐受试验电路	34
图 8	插入损耗试验电路	35
图 9	回波损耗试验电路	35
图 10	纵向平衡试验电路	36
图 11	检验误码率的试验电路	37
图 12	近端串扰试验电路	37
图 13	高温/高湿度耐受试验和环境循环试验电路	38
图 14	环境循环试验方案 A, $RH \geq 90\%$	38
图 15	环境循环试验方案 B	39
图 16	有公共电流通路的多端子 SPD 的示例	40
图 A.1	只带有电流限制元件的保护器件的结构	41
图 E.1	差模允通电流的测定	45
图 E.2	共模允通电流的测定	45
图 E.3	差模允通电流的测定	46
图 E.4	差模允通电流的测定	46
图 E.5	共模最大允通电流的测定	46
图 E.6	多端子 SPD 共模最大允通电流的测定	46
图 F.1	图 1 中 SPD 的差模 U_p 测量	47
图 F.2	对 C 端子的 SPD 共模 U_p 测量的 ITU-T 试验设置	47
表 1	SPD 的一般要求	2
表 2	波形参数允许误差	10
表 3	冲击限制电压和冲击耐受能力试验用的电压和电流波形	11
表 4	冲击复位试验用的电源电压和电流	12
表 5	交流耐受试验电流优选值	13
表 6	测量响应时间的试验电流	14
表 7	动作负载试验电流的优选值	14
表 8	交流试验电流的优选值	15
表 9	冲击电流的优选值	15
表 10	图 8 的标准参数	23
表 11	纵向平衡试验的阻抗值	24
表 12	BER 试验的测试时间	25
表 13	铜导线连接的截面积(用于螺钉型端子和无螺钉型端子)	25

表 14	无螺钉型接线端子的拉力	26
表 15	耐受高温度和高湿度试验测试持续时间的优选值	28
表 16	环境循环试验中温度和持续时间的优选值	28

前 言

GB/T 18802《低压电涌保护器(SPD)》共分为以下几个部分:

- GB 18802.1 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
- 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
- GB/T 18802.21 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
- GB/T 18802.22 低压电涌保护器 第22部分:电信和信号网络的电涌保护器(SPD) 选择和使用导则
- 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
- GB/T 18802.311 低压电涌保护器元件 第311部分:气体放电管(GDT)规范
- GB/T 18802.321 低压电涌保护器元件 第321部分:雪崩击穿二极管(ABD)规范
- GB/T 18802.331 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
- GB/T 18802.341 低压电涌保护器元件 第341部分:电涌抑制晶闸管(TSS)规范

本部分为 GB/T 18802 的第 21 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 18802.21—2004《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》。

本部分代替 GB 18802.12—2004。

本部分与 GB 18802.12—2004 相比,主要技术变化如下:

- 引言中将“保护装置”修改为“保护元件”,将“IEC 61643-22”修改成为“GB/T 18802.22”;
- 统一将全文中的“浪涌”修改为“电涌”,将“限压”修改为“电压限制”,将“限流”修改为“电流限制”;
- 将表1中对SPD的要求细化为4个试验系列及其对应的分条款,将“有/无”要求修改为“适用/不适用/可选”,并通过附注说明部分试验的注意事项;
- 第2章“规范性引用文件”的修改如下,其中部分引用国家标准的变化是由于与其对应的 IEC 标准非等同采用:
 - 将 GB/T 5169.11—1997、GB/T 14733.2—1993 和 GB/T 14733.7—1993 变更为 GB/T 5169.11—2006、GB/T 14733.2—2008、GB/T 14733.7—2008;
 - 删除了 GB/T 2423.4—1993、GB 4208—1993、GB 4943—2011、GB/T 16896.1—1997、GB/T 16927.1—1997、GB/T 17626.5—1999、GB/T 17627.1—1998、GB 18802.1—2002;
 - 增加了 GB/T 18802.22—2008、IEC 60060-1:1989、IEC 60068-2-30:1980、IEC 60529、IEC 60950-1:1999、IEC 60999-1、IEC 61000-4-5、IEC 61083-1、IEC 61180-1:1992、IEC 61643-1、IEC 61643-11:2011、ITU-T K.44:2011、ITU-T K.55、ITU-T K.82、ITU-T 0.9:1999;
- 第3章列出的术语和定义修改如下:
 - 修改了“最大中断电压”“电涌保护器”“限压”“限流”“不可自恢复的限流”“可自恢复限流”

“自恢复限流”“限压型 SPD”“电压开关型 SPD”“冲击耐受能力”的定义；

- 增加了“总放电电流”“电涌(电信)”“标称放电电流”“额定电涌电流”“冲击放电电流”的定义；

——第 4 章修改了“4.1 使用条件”中的“温度和湿度”的范围,增加了“4.1.2 特殊的使用条件”,修改了“4.2 测试温度和测试湿度”,修改了“4.3 SPD 测试”的部分内容；

——第 5 章增加了“5.1.1 标识和编制文件”的内容,完善了“5.1.2 标志”的要求,修改了“5.2.1.1 最大持续运行电压”的要求,将“5.3.4 防止触电”修改为“防直接接触”,将“5.3.5 防火”修改为“阻燃”,将“5.4.1 耐高温和高湿度的能力”修改为“高温高湿度耐受能力”；

——第 6 章的修改如下：

- 在“6.1 标志”试验中,增加了浓度不低于 85% 的正己烷可作为试剂；
- 在“6.2.1 限压试验”中,增加了试验电压的允差,纹波、频率的指标要求,规定了共模试验的强制性和差模试验的可选性。修改了“6.2.1.2 绝缘电阻”“6.2.1.3 冲击限制电压”“6.2.1.4 冲击复位时间”“6.2.1.5 交流耐受试验”“6.2.1.7 过载故障模式”的试验内容。增加了“6.2.1.6.1 多端子 SPD 的附加试验”。修改了表 3 的内容；
- 在“6.2.2 限流试验”中,增加了在直流和交直流下的测量要求；
- 在“6.2.3 传输特性试验”中,修改了“纵向平衡试验”和“误码率(BER)”的试验内容；
- 在“6.3 机械特性试验”中,将“6.3.4 防止触电”和“6.3.5 防火试验”分别修改为“6.3.4 防直接接触”和“6.3.5 阻燃试验”；
- 在“6.4 环境试验”中,将“6.4.1 耐高温和高湿度的试验”修改为“高温高湿度耐受试验”,并规定了试验温度和湿度的允差范围；

——将“6.5 验收试验”修改为第 7 章；

——增加了图 16“有公共电流通路的多端子 SPD 的示例”；

——删除了附录 B 的内容,增加了附录 B(空缺)、附录 C(空缺),附录 D,附录 E,附录 F 和附录 G。

本部分为等同采用 IEC 61643-21:2012《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》。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

——GB/T 17627.1—1998 低压电器设备的高压试验技术 第 1 部分:定义、试验和程序要求(IEC 61180-1-1992,MOD)。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国避雷器标准化技术委员会(SAC/TC 81)归口。

本部分主要起草单位:上海市防雷中心、西安高压电器研究院有限责任公司、上海电器科学研究院。

本部分参加起草单位:贵阳高新益舸电子有限公司、上海雷迅防雷技术有限公司、莱茵检测认证服务(中国)有限公司、菲尼克斯亚太电气(南京)有限公司、四川中光防雷科技股份有限公司、艾默生网络能源有限公司、深圳市盾牌防雷技术有限公司、华为技术有限公司、北京 ABB 低压电器有限公司、深圳市铁创科技发展有限公司、魏德米勒电联接(上海)有限公司、施耐德电气(中国)有限公司上海分公司、德力西电气有限公司、西安神电电器有限公司、上海联电实业有限公司、德和盛电气(上海)有限公司、北京突破电气有限公司。

本部分主要起草人:周歧斌、程文怡、颜沧苇、费自豪、张锦旻、黄勇、赵洋、赵新华、徐祝勤、雷成勇、孟奇、王新霞、郭亚平、戴传友、刘丽萍、何亨文、陶俊、刘振良、倪向宇、王炯祺、吴蕴岭、杨建峰。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 18802.21—2004。

引 言

本部分旨在确定用于保护电信和信号系统(如低压数据回路、音频电路和报警电路)的电涌保护器(SPD)的要求。电信和信号系统可能会直接或通过感应而遭受雷电和电力线路故障的影响,致使系统承受足以造成损坏的过电压或过电流或者两者同时作用。电涌保护器(SPD)就是防止系统免遭由于雷电和电力线路故障产生的过电压和过电流作用的一种保护装置。本部分描述了试验项目和要求,根据这些试验和要求建立了对 SPD 进行试验和确定其性能的方法。

本部分中的 SPD 包括仅有过电压保护功能的元件和过电压过电流组合的保护元件。仅有过电流保护元件的 SPD 不是本标准的内容,但附录 A 中包含了仅含有限流保护元件的 SPD。

一个 SPD 可以由几个过电压和过电流保护元件组成,但所有 SPD 的试验是以“黑箱”为基础,即以 SPD 的端子数确定其试验程序,而不是由 SPD 内部的保护元器件数量决定。在 1.2 中给出了 SPD 的结构示意图。对于多路的 SPD,每一路可以单独地进行试验,也可以根据需要同同时对所有线路进行试验。

本部分的试验条件和试验要求的范围很宽,在使用时由用户自主决定。但 1.3 中给出了本部分中有关各类 SPD 的要求。本部分是一个性能标准,只对 SPD 能力提出要求,有关故障率及其解释由用户考虑。关于 SPD 的选用原则将包括在 GB/T 18802.22 中。

如果 SPD 是一个单元件器件,则它须满足有关标准以及本部分的要求。

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

1 总则

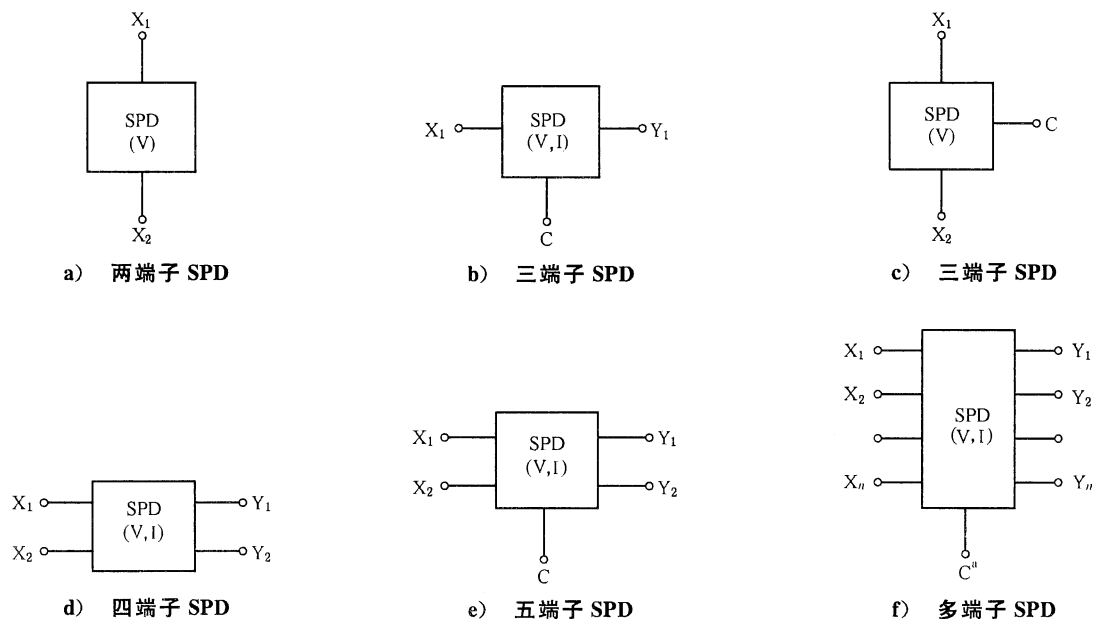
1.1 范围

本部分适用于对受到雷电或其他瞬态过电压直接或间接影响的电信和信号网络进行防护的电涌保护器(以下称为 SPD——Surge protective device)。

这些 SPD 的作用是对连接到系统标称电压最高为交流 1 000 V(有效值)、直流 1 500 V 的电信网络和信号网络的现代电子设备进行保护。

1.2 SPD 的结构

本部分所述 SPD 的结构如图 1 所示。每种 SPD 由一个或几个电压限制元件组成,并可能包含电流限制元件。



说明:

- V ——电压限制元件;
- V, I ——电压限制元件或电压限制元件与电流限制元件的组合;
- $X_1, X_2 \dots X_n$ ——线路端子;
- $Y_1, Y_2 \dots Y_n$ ——被保护的线路端子;
- C ——公共端子。

^a 可能不提供公共端子 C。

图 1 SPD 的结构示意图

1.3 本部分的使用

本部分考虑两类基本的 SPD。

第 1 类 SPD 内至少包含一个电压限制元件,但没有电流限制元件。图 1 中各种结构的 SPD 都属于这种类型。这些 SPD 应满足 5.1、5.2.1 和 5.3 的要求(见表 1)。图 1b)、1d)、1e)和 1f)所示的 SPD 的线路接线端子和对应的被保护的线路接线端子之间可包含有一个线性元件。这样的 SPD 也应满足 5.2.2 中适用的要求。

第 2 类 SPD 内装有电压限制元件和电流限制元件。图 1b)、1d)、1e)和 1f)所示的 SPD 的结构形式适用于同时包含电压限制元件和电流限制元件的 SPD。这样的 SPD 也应满足 5.1、5.2.1、5.2.2 和 5.3 的要求(见表 1)。只包含电流限制元件的保护装置的结构见附录 A。

根据应用情况 SPD 还需满足一些附加的要求,在 5.2.3 和 5.4 中阐述了这些附加要求(见表 1)。

根据 SPD 在通信和信号网络中的应用情况,在 5.2.3 中提出了这些 SPD 可能需要符合的传输特性试验。根据预计的 SPD 的用途,应从 5.2.3 中选择适用的传输特性试验。表 1 对如何选择适用的传输特性试验提供了一般性的指导。

在 5.4 中提出了当 SPD 只在如 4.1 所述的不受控制的环境中使用时的环境要求。经过用户和制造商协商之后 SPD 应满足这些要求。表 1 给出了各种类型的 SPD 应满足的要求的示例。

表 1 SPD 的一般要求

试验系列 ^d	要求和试验	分条款	SPD 的类型					
			只有电压限制功能的 SPD	具有电压限制和电流限制的功能 SPD	具有电压限制功能以及在接线端子之间有线性元件的 SPD	具有电压限制和电流限制功能以及增强传输能力的 SPD	只有电压限制功能并预计在扩展范围环境中使用的 SPD	具有电压限制、电流限制功能并预计在扩展范围环境中使用的 SPD
1	一般检查	6.1						
	标识和编制的文件	6.1.1	A	A	A	A	A	A
	标志	6.1.2	A	A	A	A	A	A
	传输特性试验	6.2.3						
	电容	6.2.3.1	A	O	O	O	A	O
	插入损耗	6.2.3.2	O	A	A	A	O	A
	回波损耗	6.2.3.3	O	O	O	A	O	O
	纵向平衡	6.2.3.4	O	O	O	A	O	O
	误码率(BER)	6.2.3.5	O	O	O	O	O	O
	近端串扰(NEXT)	6.2.3.6	O	O	O	A	O	O
	机械特性试验	6.3						
	接线端子和连接器	6.3.1	A	A	A	A	A	A
	一般试验程序	6.3.1.1	A	A	A	A	A	A
	带有螺钉的接线端子	6.3.1.2	A	A	A	A	A	A
	无螺钉的接线端子	6.3.1.3	A	A	A	A	A	A
	绝缘穿刺的连接	6.3.1.4	A	A	A	A	A	A

表 1 (续)

试验系列 ^d	要求和试验	分条款	SPD 的类型					
			只有电压限制功能的 SPD	具有电压限制和电流限制的功能 SPD	具有电压限制功能以及在接线端子之间有线性元件的 SPD	具有电压限制和电流限制功能以及增强传输能力的 SPD	只有电压限制功能并预计在扩展范围环境中使用的 SPD	具有电压限制、电流限制功能并预计在扩展范围环境中使用的 SPD
1	设计使用单芯导线的 SPD 端子的拉脱试验	6.3.1.4.1	A	A	A	A	A	A
	设计使用多芯电缆的 SPD 端子的拉脱试验	6.3.1.4.2	A	A	A	A	A	A
	机械强度(安装)	6.3.2	A	A	A	A	A	A
	防止固体异物和水分的有害进入	6.3.3	A	A	A	A	A	A
	防止直接接触	6.3.4	A	A	A	A	A	A
	阻燃试验	6.3.5	A	A	A	A	A	A
	环境试验	6.4						
	高温高湿度耐受试验	6.4.1	O	O	O	O	A	A
	冲击电涌下的环境循环试验	6.4.2	O	O	O	O	A	A
	交流电涌下的环境循环试验	6.4.3	O	O	O	O	A	A
2	电压限制试验	6.2.1						
	最大持续运行电压(U_c)	6.2.1.1	A	A	A	A	A	A
	绝缘电阻	6.2.1.2	A	A	A	A	A	A
	冲击耐受试验 ^a	6.2.1.6	A	A	A	A	A	A
	冲击限制电压 ^b	6.2.1.3	A	A	A	A	A	A
	开关型冲击复位试验	6.2.1.4	A	A	A	A	A	A
	交流耐受试验 ^a	6.2.1.5	O	O	O	O	O	O
	盲点试验	6.2.1.8	A	A	A	A	A	A
	过载故障模式	6.2.1.7	O	O	O	O	O	O
3	电流限制试验	6.2.2						
	额定电流	6.2.2.1	A ^c	A	A	A	A ^c	A
	串联电阻	6.2.2.2	N.A.	A	A	A	N.A.	A
	电流响应时间	6.2.2.3	N.A.	A	N.A.	A ^c	N.A.	A ^c
	电流恢复时间	6.2.2.4	N.A.	A	N.A.	A ^c	N.A.	A ^c
	最大中断电压	6.2.2.5	N.A.	A	N.A.	A ^c	N.A.	A ^c
	动作负载试验	6.2.2.6	N.A.	A	N.A.	A ^c	N.A.	A ^c

表 1 (续)

试验系列 ^d	要求和试验	分条款	SPD 的类型					
			只有电压限制功能的 SPD	具有电压限制和电流限制的功能 SPD	具有电压限制功能以及在接线端子之间有线性元件的 SPD	具有电压限制和电流限制功能以及增强传输能力的 SPD	只有电压限制功能并预计在扩展范围环境中使用的 SPD	具有电压限制、电流限制功能并预计在扩展范围环境中使用的 SPD
3	交流耐受试验 ^a	6.2.2.7	N.A.	A	N.A.	A ^c	N.A.	A ^c
	冲击耐受试验 ^a	6.2.2.8	N.A.	A	N.A.	A ^c	N.A.	A ^c
4	验收试验	6.5	O	O	O	O	O	O
注：A 适用 N.A. 不适用 O 可选								
^a 对每类冲击试验,应用一组新试品进行。 ^b 允许在进行冲击耐受试验 6.2.1.6 时,同时测量冲击限制电压 6.2.1.3。 ^c 若端子间有线性元件,则试验不适用。 ^d 每一系列的试验在三个试品上进行。 ^e 只适用于四端子和五端子 SPD[见图 1d)和图 1e)]。								

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 5169.11—2006 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(IEC 60695-2-1/1:2000, IDT)

GB/T 14733.2—2008 电信术语 传输线和波导[IEC 60050(726):1982, IDT]

GB/T 14733.7—2008 电信术语 振荡、信号和相关器件[IEC 60050(702):1992, IDT]

GB/T 18802.22—2008 低压电涌保护器 第 22 部分:电信和信号网络的电涌保护器(SPD)选择和使用导则(IEC 61643-22:2004, IDT)

IEC 60060-1:1989 高电压试验技术 第 1 部分:一般试验要求(High-voltage test techniques—Part 1: General definitions and test requirements)

IEC 60068-2-30:1980 电工电子产品基本环境试验规程试验 第 2 部分:试验 Db 交变湿热试验方法[Environmental testing—Part 2: Tests—Test Db and guidance: Dampheat, cyclic (12+12-hour cycle)]

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

IEC 60950-1:1999 信息技术设备安全 第 1 部分:通用要求(Safety of information technology equipment)

IEC 60999-1 连接器件 铜导线 螺纹型和无螺纹型夹紧件的安全要求 第 1 部分:0.2 mm² 到

35 mm² 导线用夹紧件的一般要求和特殊要求[Connecting devices-Electrical copper conductors-Safety requirements for screw-type and screwless-type clamping units-Part 1: General requirements and particular requirements for clamping units for conductors from 0,2 mm² up to 35 mm² (included)]

IEC 61000-4-5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验[Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 4: Testing and measurement techniques-Section 5-Surge immunity test]

IEC 61083-1 高电压冲击测量仪器和软件 第 1 部分:对仪器的要求(Digital recorders for measurements in high voltage impulse tests—Part 1: Requirements for digital recorders)

IEC 61180-1:1992 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(High-voltage test techniques for low-voltage equipment—Part 1: Definitions, test and procedure requirements)

IEC 61643-1 低压配电系统的电涌保护器(SPD) 第 1 部分:性能要求和试验方法(Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems—Part 1: Performance requirements and testing methods)

IEC 61643-11:2011 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(Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems—Part 1: Performance requirements and testing methods)

ITU-T K.44: 2011 对于暴露在过压和过流状态中的通信设备的抵抗力测试 基本建议(Resistibility tests for telecommunication equipment exposed to overvoltages and overcurrents—Basic Recommendation)

ITU-T K.55 IDC 终端的过电压和过电流要求[Overvoltage and overcurrent requirements for insulation displacement connectors (IDC) terminations]

ITU-T K.82 具有测试端口或 SPD 接点的终端模型的过电压和过电流要求(Characteristics and ratings of solid-state, self-restoring overcurrent protectors for the protection of telecommunications installations)

ITU-T 0.9:1999 评价对地不平衡度的测量装置

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

型号 model number

在 SPD 上及其文件中用于识别 SPD 的代码。

3.2

优选值 preferred values

供各项试验优先选用的参数值。优选值的意义在于使用这些参数值促进了一致性和提供了在各种保护器件之间进行比较的手段。这些优选值也为使用电信和信号网络电涌保护器的用户和制造商提供了一种有益的、共同的工程语言。但对于特殊用途,可要求使用不同于表中所列的优选值。

3.3

过载故障模式 overstressed fault mode

模式 1 SPD 的电压限制部分已断开,电压限制功能不再存在,但是线路仍可运行;

模式 2 SPD 的电压限制部分已被 SPD 内部一个很小的阻抗所短路,线路不可运行,但是设备仍受到一个短路电路的保护;

模式 3 SPD 的电压限制部分网络侧内部开路,线路不运行,但是设备仍然受到开路保护。

3.4

保护 protection

阻止过强的干扰电能量穿过所设计的接口的方法和措施。

3.5

电流响应时间 current response time

在特定的电流和特定的温度下电流限制元件动作所需要的时间。

3.6

最大持续运行电压 maximum continuous operating voltage

U_c

可连续施加在 SPD 端子上,且不致引起 SPD 传输特性降低的最大电压(直流或交流有效值)。

3.7

最大中断电压 maximum interruption voltage

可施加在 SPD 电流限制元件上,且不致引起 SPD 特性降低的最大电压(直流或交流有效值)。该电压可等于或高于 SPD 的最大持续运行电压 U_c ,取决于 SPD 内部电流限制元件的配置。

3.8

电涌保护器 surge protective device

SPD

当由电涌引起的电压超过预定的电压水平时,用于限制指定端口电压的器件。

注 1: 可包含辅助功能,如限制终端电流的电流限制功能。

注 2: 通常,保护电路中至少包含一个非线性的电压限制元件。

注 3: 电涌保护器(SPD)是一个具有连线端子连接到电路导体的完整装配。

3.9

电压限制 voltage limiting

SPD 降低所有超过预定电压值的一种功能。

3.10

电流限制 current limiting

SPD 降低超过预定电流值的一种功能,至少包含一个非线性电流限制元件。

3.11

总放电电流 I_{Total} total discharge current I_{Total}

在总放电电流试验中,流过多端子 SPD 接地端(公共端子 C)的电流。

注: 也称之为“总电涌电流”。

3.12

可人工恢复电流限制 resettable current limiting

SPD 在动作后可人工恢复电流限制的功能。

3.13

可自恢复电流限制 self-resettable current limiting

在干扰电流消失后,SPD 能自动恢复电流限制的功能。

3.14

限压型 SPD voltage clamping type SPD

这种 SPD 在无电涌出现时呈高阻抗,当电涌电压超过其阈值水平时,其阻抗会随着电流增大而不断降低。

注: 电压限制型 SPD 常用元件有:压敏电阻(如 MOV)和雪崩击穿二极管(ABD)。

3.15

电压开关型 SPD voltage switching type SPD

这种 SPD 在无电涌出现时呈高阻抗,当电涌电压超过其阈值水平时,其突变为极低阻抗。

注:电压开关型 SPD 常用元件有:放电间隙、气体放电管(GDT)、电涌抑制晶闸管(TSS)。

3.16

电压保护水平 voltage protection level

U_p

表征一个 SPD 限制其两端电压的特性参数。该电压值大于冲击限制电压的最大实测值,由制造商确定。

3.17

多级 SPD multi-stage SPD

具有不止一个电压限制元件的 SPD。这些电压限制元件可以是被一系列元件在电气上分离开,也可以不是。这些电压限制元件可以是开关型的,也可以是限压型的。

3.18

盲点 blind spot

高于最大持续运行电压 U_c ,但可引起 SPD 不完全动作的工作点。所谓 SPD 的不完全动作是指一个多级 SPD 在冲击试验时不是所有各级都能动作。这可造成 SPD 中的一些元件遭受过载。

3.19

交流耐受能力 a.c.durability

表征 SPD 容许通过规定幅值的交流电流,并耐受规定次数的特性。

3.20

冲击耐受能力 impulse durability

表征 SPD 容许通过规定波形、峰值和次数的冲击电流的特性。

3.21

电流恢复时间 current reset time

一个自恢复电流限制器恢复到正常或静止状态所需要的时间。

3.22

额定电流 rated current

一个电流限制型 SPD 在不引起电流限制元件的阻抗产生变化的能持续流过的最大电流。

注:这也适用于线性串联元件。

3.23

绝缘电阻 insulation resistance

SPD 指定的端子之间施加最大持续运行电压 U_c 时呈现的电阻。

3.24

回波损耗 return loss

反射系数倒数的模,一般以分贝(dB)来表示。

注:当阻抗可以确定时,回波损耗(单位:dB)由下式给出:

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

式中:

Z_1 ——不连续处之前的传输线的特性阻抗或源的阻抗;

Z_2 ——不连续处之后的阻抗或从源和负荷之间的结合处看进去的负荷阻抗(GB/T 14733.7—2008)。

3.25

误码率 bit error ratio; BER

在给定的时间间隔内,误码数与所传递的总码数之比。

3.26

插入损耗 insertion loss

由于在传输系统中插入一个 SPD 所引起的损耗。它是在 SPD 插入前传递到后面的系统部分的功率与 SPD 插入后传递到同一部分的功率之比。插入损耗通常用分贝(dB)来表示。(GB/T 14733.2—2008)。

3.27

近端串扰(NEXT) near-end crosstalk

串扰在被干扰的通道中传输,其方向与该通道中电流传输的方向相反。被干扰通道的端部基本上靠近产生干扰的通道的激励端,或与之重合。

3.28

纵向平衡(模拟音频电路) longitudinal balance(analogue voice frequency circuits)

组成一个线对的两根导线在电气上的对地对称。

3.29

纵向平衡(数据传输) longitudinal balance(date transmission)

一平衡电路中两个及两个以上导线的对地(或公共点)阻抗相似性的量度。该术语用来表示对共模干扰的敏感度。

3.30

纵向平衡(通信和控制电缆) longitudinal balance(communication and control cables)

骚扰的对地共模电压(纵向的) V_s (r.m.s.)与受试 SPD 的合成差模电压(金属线的) V_m (r.m.s.)之比,以分贝(dB)来表示。

注:以 dB 表示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 是以同一频率测量的。

3.31

纵向平衡(电信) longitudinal balance(telecommunications)

骚扰的共模电压(纵向的) V_s 与受试 SPD 的合成差模电压(金属线的) V_m 之比,以分贝(dB)来表示。

3.32

电涌(电信) surge (telecommunications)

从外部电源耦合在电信线路上的暂时的过电压或过电流,或两者兼有。

注 1:典型的电源是雷电和 AC/DC 电力系统。

注 2:电气耦合有以下一种或几种方式:电场、磁场、电磁场、传导。

3.33

标称放电电流 nominal discharge current

I_n

流过 SPD 具有 8/20 波形电流的峰值。

3.34

额定电涌电流 rated surge current

I_{SM}

流过 SPD 具有规定波形冲击电流的最大值。

3.35

冲击放电电流 impulse discharge current

I_{imp}

流过 SPD 具有 10/350 波形放电电流的峰值。

4 使用条件和测试条件

4.1 使用条件

4.1.1 正常使用条件

4.1.1.1 大气压力和海拔高度

大气压力 80 kPa~106 kPa。与之对应的海拔高度为 2 000 m~-500 m。

4.1.1.2 环境温度

正常范围: -5 °C~+40 °C

注 1: 该温度范围适用于户内型 SPD。对应的规范为 IEC 60364-5-51 的 AB4。

扩展范围: -40 °C~+70 °C

注 2: 该温度范围适用于安装在无气象防护措施位置的户外型 SPD, 对应规范在 IEC 60721-3-3 的 3K7 类中。

存储温度范围: -40 °C~+70 °C

注 3: 所有超出值由制造商规定。

4.1.1.3 相对湿度

正常范围: 5%~95%

注 1: 该范围适用于户内型 SPD。对应的规范为 GB/T 16895.18 的 AB4。

扩展范围: 5%~100%

注 2: 该范围适用于安装在无气象防护措施位置的户外型 SPD(如未将 SPD 放在一个防风雨的外壳中)。

4.1.2 特殊的使用条件

处于以上正常使用条件以外的情况下的 SPD, 在设计 and 应用时可能需要特别的考虑, 并应提请制造商注意。

4.2 测试温度和测试湿度

SPD 应在温度为 25 °C±10 °C, 相对湿度为 25%~75% 的环境下测试。

如果制造商或用户要求, SPD 应在预期使用温度范围的极限温度下进行测试, 依应用情况而定。所选的温度范围可比 4.1 的整个温度范围要窄。

对于特定的 SPD 工艺, 可以预先知道所选择温度范围中只有一个极限温度代表最不利测试条件。在这种情况下只应在代表最不利测试条件的极限温度下试验。对同样的 SPD 工艺, 在进行第 6 章中所述的各种测试时, 这个极限温度可能不同。

当要求在极限温度下测试时, SPD 应有足够的时间逐渐地加热或冷却到极限温度, 以免其受到热冲击。除非另有规定, 最少应用 1 h 的时间。在试验前, 应使 SPD 在规定的温度下保持足够的时间, 以达到热平衡。除非另有规定, 最少应用 15 min 的时间。

4.3 SPD 测试

在测试本部分所包括的 SPD 时, 应使用这些 SPD 在现场安装时使用的连接器或接线端子。另外, 应在这些 SPD 的连接器或接线端子处进行测量。对于那些带有接线座或插头的 SPD, 其接线座或插头应是测试的一部分。

当应用在通信系统中, ITU-T 在 K 系列的保护支架(K.65)和终端模块(K.55)标准中给出了

要求。

在用接线座进行试验时,应尽量靠近用于外部连接的 SPD 底座(端子模块)的端部进行测量。用于测量的波形记录仪器应符合 IEC 61083-1 中有关测量的专门规定。

注:对于波形记录仪器的设置,见附录 D。

图 1c), 1e)和 1f)中的 SPD 都可有一个总放电电流 I_{Total} 的公共电流通路(包括保护元件或仅内部连接),制造商应说明这个公共电流通路的最大总放电电流值。该电流值可能比每个线路端子的最大载流能力的 n 倍要小, n 等于线路端子的个数。

有关试品的抽样数量和允许的故障率等要由用户和制造商之间进行协商。

4.4 波形允许误差

波形参数 A/B 的定义遵照 IEC 60060-1:1989 的规定(也请见 IEC 61000-4-5), A 是波前时间(单位: μs), B 是半峰值时间(单位: μs)。表 2 列出了本部分所用波形的允许误差。

表 2 波形参数允许误差

波形参数	1.2/50 或 10/700 开路电压	8/20 或 5/320 短路电流	其他波形
峰值	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$
波前时间	$\pm 30\%$	$\pm 20\%$	$\pm 30\%$
半峰值时间	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$

5 要求

5.1 一般要求

下列要求适用于本部分包括的所有 SPD。

5.1.1 标识和编制的文件

a)~o)各项所列出的数据应标记在 SPD 上(按 5.1.2 所述),或编入在有关的文件中以及标注在包装盒上。在说明书中应对所用的任何缩略语加以说明。按第 6 章对 SPD 进行的各项试验的试验条件应在编制的文件中说明。

- a) 制造商名称或商标;
- b) 制造日期或产品序列号;
- c) 型号;
- d) 使用条件;
- e) 最大持续运行电压 U_c (交流和/或直流);
- f) 额定电流;
- g) 电压保护水平 U_p ;
- h) 冲击复位(如适用时);
- i) 交流耐受能力;
- j) 冲击额定值(根据表 3 分类和对应的参数,如 C2:2 kV/1 kA);
- k) 过载故障模式;
- l) 传输特性(对应于 SPD 预期的应用);
- m) 附加信息(如适用时);

- 可替换元件
 - 使用放射性同位素
 - “ i_n ”和“交流过载电流”，如要求进行冲击过载试验(见 6.2.1.7)
 - 电涌电流，如 I_{SM} , I_n , I_{imp} , I_{Total}
- n) 串联电阻(如适用时)；
- o) SPD 的类别和额定值(当类别印刷在 SPD 上，建议在类别上加方框，如 **C2**)。

5.1.2 标志

SPD 应清晰标记 5.1.1 中的以下几项：a)制造商名称或商标，b)生产过程的可追溯标记 c)型号和 e)最大持续运行电压。标志的材料在正常使用时应耐磨损，耐腐蚀。标志可在壳体的下方，但应让最终用户容易看到(如不使用工具)。在编制的文件中或包装上应有特殊处理的全部说明。按 6.1.2 进行符合性检查。

5.2 电气特性要求

在按第 6 章的各条款试验时，SPD 应满足下列要求。

5.2.1 电压限制要求

对只包含有电压限制元件的 SPD 应符合 5.2.1 中的所有要求。对既含有电压限制元件又含有电流限制元件的 SPD，应符合 5.2.1 中的所有要求以及 5.2.2 中所有适用的要求。

当 SPD 的线路端和被保护的线路端之间包含有线性元件时，该 SPD 应符合 5.2.2 中适用的要求。

5.2.1.1 最大持续运行电压(U_c)

制造商应规定适用于交流或直流电路中的 SPD 的最大持续运行电压。
应按 6.2.1.1 进行符合性检查。

5.2.1.2 绝缘电阻

这个特性应由制造商规定。应按 6.2.1.2 进行符合性检查。

5.2.1.3 冲击限制电压

在表 3 规定的试验条件下，SPD 应限制规定的冲击电压。测得的限制电压不应超过规定的电压保护水平 U_p 。见 IEC 61180-1:1992。

表 3 冲击限制电压和冲击耐受能力试验用的电压和电流波形

类别	试验类型	开路电压 ^a	短路电流	最小试验次数	被试验的端子
A1	很慢的上升率	$\geq 1 \text{ kV}$ 上升率 $0.1 \text{ kV}/\mu\text{s} \sim 100 \text{ kV/s}$	10 A, $\geq 1\,000 \mu\text{s}$ (持续时间)	不适用	X_1-C X_2-C $X_1-X_2^b$
A2	AC	从表 5 中选择试验项目		单次循环	

表 3 (续)

类别	试验类型	开路电压 ^a	短路电流	最小试验次数	被试验的端子
B1	慢的上升率	1 kV 10/1 000	100 A, 10/1 000	300	
B2		1 kV~4 kV, 10/700	25 A~100 A, 5/320	300	
B3		≥1 kV, 100 V/μs	10 A~100 A, 10/1 000	300	
C1	快的上升率	0.5 kV~2 kV 1.2/50	0.25 kA~<1 kA 8/20	300	X ₁ —C X ₂ —C X ₁ —X ₂ ^b
C2		2 kV~10 kV, 1.2/50	1 kA~<5 kA 8/20	10	
C3		≥1 kV 1 kV/μs	10 A~100 A 10/1 000	300	
D1	高能量	≥1 kV	0.5 kA~2.5 kA 10/350	2	
D2		≥1 kV	0.6 kA~2.0 kA 10/250	5	

注:表 3 所列的值是最低要求。

^a 如果被试的 SPD 动作,使用的开路电压可与 1 kV 不同。

^b 如有需要时,才进行端子 X₁—X₂ 的试验。

为验证 U_p ,必须施加一种上述 C 类波形的冲击。施加 5 次正极性和 5 次负极性冲击。

对于冲击耐受测试,必须施加一种上述 C 类波形的冲击,A1、B 和 D 类是可选的。

B1、B2、C1、C2 和 D2 类是电压驱动试验,因此“短路电流”这一栏显示的是在被测试品连接点处的预期短路电流。B3、C3 和 D1 类是电流驱动试验,因此要求的测试电流通过被测试品来调节,不应超过表 2 中给出的最大波形允差。对于电压驱动试验,所使用的发生器的有效输出阻抗,对于 B1 类应为 10 Ω,对于 B2 类为 40 Ω,对于 C1、C2 和 D2 类为 2 Ω。

5.2.1.4 冲击复位

本要求仅适用于开关型 SPD。在施加按表 3 选取的冲击波后,SPD 应能灭弧或恢复到它的静止状态。在施加这个冲击波期间,应把按表 4 选取的电压施加到 SPD 上。除非另有规定,SPD 应在 30 ms 或更短的时间内恢复到它的高阻抗状态。

表 4 冲击复位试验用的电源电压和电流

电源开路电压 ^b /V	电源短路电流/mA
12	500
24	500
48	260
97	80
135	200 ^a
^a SPD 与由 135 Ω~150 Ω 的电阻和 0.08 μF~0.1 μF 的电容器组成的串联支路相并联。	
^b 允差(包括纹波)±1%。	

5.2.1.5 交流耐受能力

按 6.2.1.5 采用从表 5 选取的电流进行试验后,SPD 应满足 5.2.1 和 5.2.2(如适用时)中相关的要求。

表 5 交流耐受试验电流优选值

48 Hz~62 Hz 每个被试验端子上 的短路电流 ^a (有效值)/A	试验持续时间/s	试验次数 ^b	试验端子
0.1	1	5	X ₁ —C X ₂ —C X ₁ —X ₂ ^c
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	
^a 表 5 所列的值为最低要求。 ^b 在其他标准(如 ITU-T 的 K 系列标准)中试验次数可能不同。 ^c 如有需要时,才应试验端子 X ₁ —X ₂ 。			

5.2.1.6 冲击耐受能力

按 6.2.1.6 采用从表 3 选取的电流和电压波形进行试验后,SPD 应满足 5.2.1 和 5.2.2(如适用时)中相关的要求。

5.2.1.7 过载故障模式

当按 6.2.1.7 对 SPD 进行试验时,不应引起火灾、爆炸或触电危险,不应放出有毒烟气。

制造商应提供导致出现如 6.2.1.7 所述故障模式的冲击电流(8/20)值和交流电流值。

5.2.1.8 盲点

如果从制造商那里得不到有关盲点的资料,或者希望对制造商的数据加以验证,则应按 6.2.1.8 所述的方法对多级 SPD 进行试验。

5.2.2 电流限制要求

当 SPD 由电压限制元件和电流限制元件组合而成时,电流限制元件应符合 5.2.2 中所有适用的要求。对线路端子间接有线性元件(例如电阻器、电感器)的 SPD,应符合 5.2.2.1,5.2.2.2,5.2.2.7 和 5.2.2.8 的要求。

5.2.2.1 额定电流

制造商应规定额定电流。为了确认这个额定电流的值,应按 6.2.2.1 试验 SPD。在做试验时,不应

引起 SPD 的电流限制元件运行特性的改变。

5.2.2.2 串联电阻

制造商应规定串联电阻的阻值及允许偏差。为了确认串联电阻的阻值,应按 6.2.2.2 对 SPD 进行试验。

5.2.2.3 电流响应时间

当按 6.2.2.3 试验时,电流限制元件应在不超过制造商规定的响应时间内动作。表 6 给出了试验电流的优选值。见 ITU-T 的 K.30。

表 6 测量响应时间的试验电流

试验电流/A
1.5×额定电流
2.1×额定电流
2.75×额定电流
4.0×额定电流
10.0×额定电流

5.2.2.4 电流恢复时间

装有一个及以上的可自恢复电流限制元件的 SPD 应按 6.2.2.4 进行试验。除非另有规定,恢复时间或电流限制元件返回到它们的静止状态所需要的时间应小于 120 s。

这个要求不适用于装有可人工恢复电流限制元件的 SPD。

5.2.2.5 最大中断电压

本要求只适用于装有可自恢复或可人工恢复电流限制元件的 SPD。SPD 的制造商应规定这些电流限制元件的最大中断电压。最大中断电压按 6.2.2.5 进行试验来核实。在试验之后,电流限制元件的工作特性不应降低。

5.2.2.6 动作负载能力

本要求只适用于装有可自恢复或可人工恢复电流限制元件的 SPD。SPD 应能承受重复施加的最大中断电压。应从表 7 中选择足以使电流限制元件动作的电流。在经过这些试验之后,电流限制元件应满足 5.2.2.3 和 5.2.2.4 的要求。

表 7 动作负载试验电流的优选值

电流(直流或有效值)/A	试验次数
0.5	60
1	10
3	5
5	5
10	3

5.2.2.7 交流耐受能力

SPD 应能承受反复施加的规定的电流,表 8 显示了交流电流的优选值。在经过这些试验之后,SPD 内的电流限制元件应满足 5.2.2.1,5.2.2.2 和 5.2.2.3 的要求。

表 8 交流试验电流的优选值

48 Hz~62 Hz 短路电流(有效值)/A	试验持续时间/s	试验次数	试验端子
0.25	1	5	X ₁ —C X ₂ —C X ₁ —X ₂
0.5	1	5	
0.5	30	1	
1	1	5	
1	1	60	
2	1	5	
2.5	1	5	
5	1	5	

5.2.2.8 冲击耐受能力

SPD 应能承受规定次数和规定峰值的冲击电流的作用,表 9 显示出了优选值。按 6.2.2.8 施加这些冲击电流之后,SPD 的电流限制元件应满足 5.2.2.1,5.2.2.2 和 5.2.2.3 的要求。

表 9 冲击电流的优选值

开路电压	短路电流	试验次数	试验端子
1 kV	100 A,10/1 000	30	X ₁ —C X ₂ —C X ₁ —X ₂
1.5 kV,10/700	37.5 A,5/320	10	
最大中断电压	25 A,10/1 000	30	
最大中断电压	ITU-T K.44 中的 图 A.3-1(R=25 Ω)	10	
4 kV,1.2/50	2 kA,8/20	10	

5.2.3 传输特性要求

除了 5.2.1 和 5.2.2 的要求以外,SPD 视其在电信和信号中的应用情况(例如,声音、数据和图象),还可能需符合 5.2.3 的特定的要求。表 1 给出了选择合适的传输特性试验的指南。

5.2.3.1 电容

制造商应说明指定端子之间的电容的值。应按 6.2.3.1 进行试验来确认。

5.2.3.2 插入损耗

应按 6.2.3.2 试验 SPD,以确定因 SPD 插入到试验系统中而引起发生器和测量设备之间的电压降低。

5.2.3.3 回波损耗

应按 6.2.3.3 试验 SPD。这将确定在规定的频率范围内由于 SPD 插入到匹配的传输线引起返回到信号源的信号的总量。

5.2.3.4 纵向平衡

应按 6.2.3.4 试验 SPD。该试验确定平衡电路中使用的 SPD 可接受最小的纵向平衡值。应在所考虑应用的频率范围内测量纵向平衡。

5.2.3.5 误码率(BER)

应按 6.2.3.5 试验 SPD。该试验确定了是否因 SPD 插入而在数字传输系统中引起误码。

5.2.3.6 近端串扰(NEXT)

应按 6.2.3.6 试验 SPD。该试验确定了由于 SPD 的插入而引起的从一个回路耦合到另一个回路的信号的总量。

5.3 机械特性要求

SPD 应符合下列的机械特性要求。然而,某些机械要求可由国家法规代替。

5.3.1 接线端子和连接器

- a) 接线端子和连接器应固定在 SPD 上,即使在拧紧和旋松夹紧螺钉或锁紧螺母时,接线端子和连接器也不应松动。应使用工具来拧紧和旋松夹紧螺钉或锁紧螺母。
- b) 螺钉、载流部件和连接件
 - 1) 无论是电气连接还是机械连接,都应能承受正常使用情况下出现的、以及大电流冲击产生的机械应力。
安装时不要使用自攻丝型的螺钉固定 SPD。
通过直观检查和按 6.3.1.2 进行试验来验证其是否符合要求。
 - 2) 在设计电气连接时,除非金属部件具有足够的弹性以补偿绝缘材料的任何可能的收缩或变形,接触压力不应通过绝缘材料来传递(陶瓷、纯云母或其他具有同样特性的材料除外)。
通过直观检查来验证其是否符合要求。
根据几何尺寸大小来考虑材料的适用性。
 - 3) 载流部件和连接件,包括用于接地的导体(如有的话)的材料应是:
 - 铜;
 - 对于冷加工零件,是至少含铜 58% 的合金;
 - 对于非冷加工零件,是至少含铜 50% 的合金,或是耐腐蚀性不比铜差并具有同样合适机械特性的其他金属或适当镀复层的金属。

在 IEC 61643-1 中包含有关于特殊接线端子的机械连接的要求。

- c) 外部连接件用的无螺钉型接线端子
 - 1) 接线端子的设计和制造,应:
 - 每根导线是单独被夹紧的,且这些导线可同时或各自分别地接入或拆除;
 - 可牢固地夹紧所提供最大数目的导线。
 - 2) 接线端子的设计和制造,应使其在夹紧导线时不会过度地损伤导线。

通过直观检查来验证其是否符合要求。

d) 绝缘穿刺连接外部导线

1) 绝缘穿刺的连接应为可靠的机械连接。

通过直观检查和按 6.3.1.4 进行试验来验证其是否符合要求。

2) 对于产生接触压力的螺钉不应再作为固定其他的元件之用,尽管它们可固定 SPD 或者防止其转动。

通过直观检查来验证其是否符合要求。

3) 不应用软金属或容易塑性变形的金属制造螺钉。

通过直观检查来验证其是否符合要求。

e) 耐腐蚀金属

除了夹紧螺钉外,锁紧螺母、夹卡、止推垫圈、金属线和类似的零件,夹紧件应由耐腐蚀的金属制造(见 IEC 60999-1:1999)。

5.3.2 机械强度(安装)

应为 SPD 提供保证其机械稳定性的合适的安装措施。

5.3.3 防止固体异物和水分的有害进入

在设计 SPD 时,应考虑其在 4.1 所述的使用条件下令人满意地运行。安装在户外的 SPD 应装在由玻璃、上釉陶瓷或其他可接受的能防止紫外线辐射、耐腐蚀、耐电蚀和耐漏电起痕材料制成的防护罩内,以避免天气的影响和防止固体异物进入。

任何两个具有不同电位的部件之间应具有足够的表面爬电距离。

5.3.4 防直接接触

为防止直接接触(及带电部件不可触及),SPD 的设计应保证在使用场所安装时,带电部件不能被接触到。这个要求适用于最大持续运行电压 U_n 超过交流 50 V(有效值)或直流 71 V 的可触及的 SPD。

除了不可触及类的 SPD 外,其他 SPD 的设计,都应考虑它们在按正常使用情况接线和安装时,即使把一些不借助工具就可以移动的部件移走之后,带电部件仍是不可触及的(按 6.3.4 的绝缘部件试验进行检查)。

接地的端子之间的连接线,以及所有连接到这些端子的可触及的部件,应具有低的电阻(见 IEC 60529)。

5.3.5 阻燃

外壳的绝缘部件应是不易燃的,或是能自熄灭的。

在有些国家,可采用国家法规中的有关规定。

5.4 环境要求

只在 4.1 所述不受控制的环境中使用的 SPD,应符合由用户和制造商之间协商确定的下列环境要求。

5.4.1 高温高湿度耐受试验

应把 SPD 暴露在温度为 80 ℃、相对湿度为 90% 的环境中。暴露的持续时间应从表 15 中选择。仅针对预计在不受控制的环境中使用的 SPD,按 6.4.1 进行试验。在试验之后,SPD 的电压限制元件应满足 5.2.1.2 和 5.2.1.3 的要求。如果受试 SPD 装有电流限制元件,则这些元件应满足 5.2.2.2 和 5.2.2.3

的要求。

如果除了 U_c 之外,SPD 的制造系列号相同,以及除了与规定的 SPD 的 U_c 相配合的电压限制元件和电流限制元件的额定电压有变化外,所使用的部件是相同的,那么应只对有最高的电压保护水平的 SPD 进行试验。

5.4.2 冲击电涌下的环境循环试验

SPD 应在高湿度和传导冲击电流的条件下经受温度循环试验。应从表 16 中选取温度循环的类型。

在循环试验期间和试验之后,SPD 的电压限制元件应满足 5.2.1.2 和 5.2.1.3 的要求。如果受试 SPD 装有电流限制元件,则这些元件应满足 5.2.2.2 和 5.2.2.3 的要求。

试验仅针对使用于不受控制的环境中的 SPD,试验应按 6.4.2 进行。

如果除了 U_c 之外,SPD 的制造序列号相同,以及除了与规定的 SPD 的 U_c 相配合的电压限制元件和电流限制元件的额定电压有变化外,所使用的元件是相同的,那么只应对有最高的电压保护水平的 SPD 进行试验。

5.4.3 交流电涌下的环境循环试验

在高湿度和传导交流电流的条件下,SPD 应经受温度循环试验。这些电流和它们的持续时间应从表 5 中选取。温度循环的类型应从表 16 中选取。

在循环试验期间和试验之后,SPD 的电压限制元件应满足 5.2.1.2 和 5.2.1.3 的要求。

试验仅针对使用于不受控制的环境中的 SPD,试验应按 6.4.3 进行。

如果除了 U_c 之外,SPD 的制造系列号相同,以及除了与规定的 SPD 的 U_c 值相配合的电压限制元件和电流限制元件的额定电压有变化外,所使用的元件是相同的,那么只应对有最高的电压保护水平的 SPD 进行试验。

6 型式试验

6.1 一般检查

6.1.1 标识和编制的文件

经过检查,标志和编制的文件应满足 5.1.1 的要求。

6.1.2 标志

对标志牌应进行检查验证。除了用压制、模制以及雕刻方法制造的标志牌以外,所有其他各种类型的标志牌应进行下列验证检验。

该检验是用手把一块用水浸透的棉花擦拭标志 15 s,然后再用一块浸湿正己烷溶剂(芳香剂的容积含量最多为 0.1%、贝壳松脂丁醇值为 29、初始沸点近似为 65 °C、比重为 0.68 g/cm³)的棉花擦拭 15 s。试验后,标志应清晰可见。

做为替代方案,也允许使用最低为 85%正己烷的试剂级正己烷。

注:该“正己烷”的化学系统命名法为“正常”或直链烷。该溶剂可进一步被确定为 ACS(美国化学学会)认证的试剂级正己烷(CAS# 110-54-3)。

6.2 电气特性试验

6.2.1 电压限制试验

如果没有其他规定,对所有试验中要求的电源电压 U_c 或最大中断电压,其试验电压允差为 +0/

—5%。如果为直流,最大纹波不应超过5%。如果为交流,试验应在50 Hz或60 Hz下进行,除非制造商有其他规定。

共模试验(X_1-C, X_2-C)是所有电压限制试验必须的,差模试验(X_1-X_2)是可选的。

注:测量 U_p 的基本电路见资料性附录F。

6.2.1.1 最大持续运行电压(U_c)

应在按6.2.1.2测试绝缘电阻的期间对 U_c 进行验证。

6.2.1.2 绝缘电阻

应按两种极性分别各测一次一对端子的绝缘电阻。试验电压应等于最大持续运行电压 U_c 。如果SPD的 U_c 有直流值和交流值,SPD应用直流测量;如果SPD的 U_c 只有交流值,也采用直流测量,其直流电压根据 $U_{dc}=U_{ac}\times\sqrt{2}$ 来计算。对于有极化结构(依赖于极性)的直流SPD,试验应仅在单极下进行。应测量流过被测端子间的电流。

绝缘电阻等于装置端子间施加的试验电压除以测量电流。绝缘电阻应等于或高于制造商给定的值。

6.2.1.3 冲击限制电压

试验SPD时,应把从表3中C类选取的冲击电压施加到适当的端子上。应根据冲击耐受试验(见6.2.1.6)确定的SPD通流容量选择电流水平。应使用相同的冲击进行冲击限制电压和冲击耐受试验。表3所列的值都是最低要求,其他电涌电流额定值可以在相关ITU-T K标准中查找。

注1:对于A、B、D类,测试冲击限制电压 U_p 不是必须的。

施加正、负极性冲击各五次,所使用的冲击发生器应具有从表3中选取的开路电压和短路电流。

在不带负载的情况下,测量每次冲击的限制电压。在适当的端子上测得的最大电压不应超过规定的电压保护水平 U_p 。在两次冲击试验之间应允许有充分的时间,以防止热量积累。不同的SPD存在不同的热特性,因此在两次冲击之间需要有不同的时间。

注2:详细的冲击记录仪器的设置信息可参阅附录D。

如有需要,可在图1c)和1e)所示的 X_1-X_2 端子上施加冲击。

对图1c)和1e)所示的SPD应分别或同时以相同的极性对每对端子(X_1-C 和 X_2-C)进行试验。

带有公共电流通路的SPD(参见4.3),试验时还应测量没有施加冲击的线路端子上的电压,其值不应超过电压保护水平 U_p 。

6.2.1.4 冲击复位试验

SPD应按图2所示进行接线。冲击复位电压和电流值应从制造商的参数表中选取,或根据制造商的说明从表4中的电压/电流组合中选取。这些电源表征了常用的系统值。交流SPD须用交流进行测试,直流SPD须用直流进行测试,交/直流两用的SPD须用直流。根据直流SPD的结构,测试可仅在单极性上进行。如果进行交流试验,冲击发生器必须和交流电源同步(通常在30°和60°相位角)。

应从表3的B1或C1中选取冲击电压和冲击电流的波形,开路电压的峰值应足够大,以保证SPD的电压限制元件能动作。冲击电压的极性与电压源的极性相同。冲击复位时间定义为从施加冲击时开始至SPD返回到它的高阻抗状态的一段时间。

应施加一个正极性冲击和一个负极性冲击,每次冲击间隔的时间不大于1 min,并应测量每次冲击的恢复时间。

注:当直流电源和冲击发生器的极性反转时,去耦装置(图2)中二极管的极性须反转。

6.2.1.5 具有电压限制功能 SPD 的交流耐受试验

SPD 应按图 3 所示进行接线。应从表 5 选取交流短路电流。在两次试验之间应有足够的时间防止受试器件热量积累,施加电流要达到规定的次数。施加的交流试验电压应足够大,以使 SPD 电压限制元件完全导通。在试验前和完成施加要求次数的交流电流之后,SPD 应满足 5.2.1.2、5.2.1.3、5.2.1.4 (如适用时)和 5.2.2.2 的要求。

从表 5 中选取的电流应施加到合适的端子上。

如制造商或顾客有需要,可另外在如图 1c)、1e)和 1f)所示 SPD 的 X_1-X_2 端子上施加电流。

对测试图 1c)、1e)和 1f)所示的 SPD,可分别对每对端子(X_1-C 和 X_2-C)进行试验。

对具有公共电流通路的 SPD 的试验见 4.3。否则,对多端子 SPD 分别在每个线路端子与公共端子之间进行试验。

6.2.1.6 具有电压限制功能 SPD 的冲击耐受试验

应使用从表 3 中 C 类选取的冲击对 SPD 进行试验,并施加到从表 3 选择的合适的端子上。应使用与 6.2.1.3 的冲击限制电压试验相同的冲击。可用从 A1、B、C 和 D 类中选取的,以及在 SPD 文件中列出的其他冲击进行附加的试验。然而,这些试验是可选的,只有对适用的 SPD 才做这些试验。

SPD 应按图 4 所示进行接线。施加冲击电流要达到表 3 所规定的最少次数。在两次试验之间要有足够的时间,以防止试品的热量积累。对一种极性的试验次数应为规定次数的一半,接着对相反极性做剩下的一半次数的试验。或者,对一半的试品做一种极性的试验,而另一半试品做相反极性的试验。在试验前和完成规定次数的试验之后,SPD 应满足 5.2.1.2、5.2.1.3(每种极性做一次冲击)、5.2.1.4(如适用时)和 5.2.2.2(如适用时)的要求。

如有需要,可在图 1c)和 1e)所示 SPD 的 X_1-X_2 端子上施加冲击电流。

对图 1c)和 1e)所示的 SPD,可分别对每对端子(X_1-C 和 X_2-C)进行试验。对图 1f)所示的 SPD,如果所有的端子对公共端都有相同的保护电路,选择两个端子作为代表性的样品就足够了。

6.2.1.6.1 多端子 SPD 的附加试验

如果制造商声称总放电电流,则应根据以下内容重复 6.2.1.6 的试验。

如果 SPD 的总放电电流能力等于单根线路冲击电流能力(如总放电电流=10 kA,单根线路放电电流=10 kA),则不需要进行该试验。

多端子 SPD(图 1c,图 1f,图 1e)的总放电电流可能流过公共元件并连接到接地端。图 16 显示了两个例子。所有被保护线路的放电电流等于总放电电流除以线数。同时施加冲击是为证明公共电流路径有足够的通流能力。试验后 SPD 不应损坏。该试验也证明 SPD 的内部连接有足够的通流能力。

耦合网络不应显著影响到试验冲击。C1 类和 C2 类试验冲击的 8/20 波形的波前和半峰值时间的允差为±30%。

注:如果无法达到上述的波形参数,可使用制造厂提供的改动过的 SPD 进行试验,其中图 16 所示的星形保护电路的每个“独立保护单元”被短路。试验期间,所有的输入端 X_1 到 X_n 都连接在一起。

6.2.1.7 过载故障模式

SPD 应经受冲击过载和交流过载电流。对图 1c)、1e)和 1f)所示的 SPD 进行试验时,可分别对每对端子(X_1-C 和 X_2-C)进行试验。对于 1f)所示的 SPD,选择两个端子进行试验。应采用不同的试品进行冲击电流和交流电流试验。

为确定 SPD 是否进入如 3.3 所述的可接受的过载故障模式,应根据使用情况进行绝缘电阻试验、限制电压试验和串联电阻试验。SPD 应在安全的情况下达到过载故障模式,而不会引起火灾、爆炸、触

电危险或释放有毒烟气。

注 1: 对于多级 SPD, 允许有不同的失效模式(例如 X_1-C 可具有模式 2, X_1-X_2 可具有模式 1)。

冲击过载电流试验

SPD 应按图 4 所示进行接线。应将制造商规定的 $8/20 \mu s$ 冲击电流 i_n 按如下公式施加到 SPD 上:

$$i_{\text{test}} = i_n (1 + 0.5N)$$

试验序号是从 $N=0$ 开始($i_{\text{test}} = i_n$)。对后续的每一个试验, N 增加 1。序号最大为 $N=6$ 。如果在这些试验之后, SPD 没有进入过载状态, 则应利用交流电流进行过载故障模式试验。

注 2: 如果 i_n 超过组合波发生器的输出能力, 应使用 $8/20$ 冲击电流发生器。流过 SPD 的电流峰值应调整到指定和计算的冲击电流 i_n 值。

交流过载电流试验

SPD 应按图 3 所示进行接线。交流过电流试验值应由制造商规定。电流应施加 15 min。开路电压(50 Hz 或 60 Hz)的幅值应足够高, 以使 SPD 完全导通。

注 3: 调整得到的测试电流即电源的短路电流。

6.2.1.8 盲点试验

为了确定在多级 SPD 中是否存在盲点, 应使用一个新试品进行下列的试验:

- 选取在确定 U_p 时使用过的相同的冲击波形(见 6.2.1.3), 在施加冲击期间, 用示波器测量冲击限制电压和电压波形图。
- 把开路电压降低至 a) 中使用的电压值的 10%, 同时用示波器监视施加到 SPD 的正极性冲击限制电压。限制电压波形应与 a) 中的不同。如果不是这样, 就选取一个较低的开路电压值。但是, 该电压应大于最大持续运行电压 U_c 。
- 施加 a) 中使用的电压值的 20%、30%、45%、60%、75% 和 90% 的正极性冲击, 同时连续地监视冲击限制电压的波形。
- 在某一百分数的开路电压处, 当冲击限制电压波形回到 a) 中所确定的波形时, 停止改变电压。
- 把开路电压减少 5%, 再做试验。以后每次把开路电压减少 5%, 直到获得 b) 中记录的波形。
- 用此开路电压值, 施加两次正极性冲击和两次负极性冲击。

在进行了 a)~f) 项的试验之后, SPD 应满足 5.2.1.2 的要求。

6.2.2 电流限制试验

6.2.2.1 额定电流

SPD 应按图 5 所示进行连接。电源应能提供要求的额定电流。频率应为 0 Hz(直流)、50 Hz 或 60 Hz。交流 SPD 应用交流测试, 直流 SPD 应用直流测试, 交直流 SPD 应用直流测试。

在额定电流试验期间, 电流限制功能(若有的话)应不起作用。对各种结构的 SPD, 应通过调节电阻 R_s 或 R_{s1} 和 R_{s2} 来施加试验电流。接受试验的电流限制功能通过额定电流的时间最少应达 1 h。在试验期间内, 可接触的部件不应过热(见 IEC 60950-1 中的 4.5.1)。

6.2.2.2 串联电阻

SPD 应按图 5 所示进行连接。试验电源电压应为 U_c 。频率应为 0 Hz(直流)、50 Hz 或 60 Hz。交流 SPD 应用交流测试, 直流 SPD 应用直流测试, 交直流 SPD 应用直流测试。

应通过调节电阻 R_s 或 R_{s1} 和 R_{s2} 使试验电流等于额定电流。电阻由 $(e - IR_s)/I$ 确定, 式中 e 是电源电压, I 是用图 5 中电流表测量的额定电流。

6.2.2.3 电流响应时间

SPD 应按图 5 所示连接。试验电源电压应为 U_c 。频率应为 0 Hz(直流)、50 Hz 或 60 Hz。交流 SPD 应用交流测试,直流 SPD 应用直流测试,交直流 SPD 应用直流测试。

应参照 4.2 在适当的温度下进行测试。两次测试之间应有足够的时间间隔,以确保在下一次测试前,试品冷却至试验温度。或者,为避免等待试品冷却时间,可用不同的试品进行试验。可通过调节 R_s 或 R_{s1} 和 R_{s2} 来得到如表 6 中所需的预期测试电流。对每一次试验电流应记录电流限制功能的响应时间。响应时间是指从加电开始,直到电流减少至 10% 的额定电流为止的一段时间。如果预期试验电流超过电流限制元件的最大通流容量,那么最大试验电流应等于电流限制元件的最大通流容量。

6.2.2.4 电流恢复时间

SPD 应按图 5 所示进行连接。试验电源电压应为 U_c 。频率应为 0 Hz(直流)、50 Hz 或 60 Hz。交流 SPD 应用交流测试,直流 SPD 应用直流测试,交直流 SPD 应用直流测试。

对于每一种 SPD 结构,可通过调节电阻 R_s 或 R_{s1} 和 R_{s2} 使起始负载电流等于额定电流。应让 SPD 稳定在额定电流。稳定之后,应调小电阻 R_s 或 R_{s1} 和 R_{s2} 使负载电流增加到能使 SPD 的电流限制元件动作的电流值。当试验电流下降到小于额定电流的 10% 后维持该试验状态 15 min。

然后,再把电阻 R_s 或 R_{s1} 和 R_{s2} 增加到它们的初始值。应当记录使负载电流恢复到 90% 的额定电流时所用的时间,这个时间应小于 120 s。根据应用的情况,对于自恢复电流限制功能,也可在电流低于额定电流的情况下进行试验。对于可自恢复的电流限制元件,电源电流被遮断的时间应小于 120 s。此后对于可恢复的电流限制功能应通过 5 min 的额定电流,以保证电流限制功能恢复到其初始状态。

6.2.2.5 最大中断电压

SPD 应按图 5 所示进行接线。试验电压应为制造商规定的最大中断电压。频率应为 0 Hz(直流)、50 Hz 或 60 Hz。交流 SPD 应用交流测试,直流 SPD 应用直流测试,交直流 SPD 应用直流测试。

应调节电阻 R_s 或 R_{s1} 和 R_{s2} 的值使得 SPD 的电流限制元件动作,并在该状态下应保持 1 h。SPD 的电流限制功能应满足 5.2.2.2、5.2.2.3 和 5.2.2.4 的要求。

6.2.2.6 动作负载试验

SPD 应按图 5 所示进行接线。试验电压应为制造商规定的最大中断电压。频率应为 0 Hz(直流)、50 Hz 或 60 Hz。交流 SPD 应用交流测试,直流 SPD 应用直流测试,交直流 SPD 应用直流测试。

对于每一种 SPD 结构,利用短接来临时代替 SPD,应借助调节电阻 R_s 或 R_{s1} 和 R_{s2} 把负荷电流调整为从表 7 中选取的值,所选用的值足够使电流限制功能启动。在 SPD 插入到电路中之后,注入试验电流,直到电流减少到低于 10% 的额定电流时为止。

SPD 动作后,把电源断开至少 2 min,或者直到电流限制元件恢复到它的初始状态时为止。这种循环(施加试验电流,紧接着停电一段时间)应重复进行,直到达到表 7 列出的次数为止。

在最后一次循环之后,SPD 应满足 5.2.2.2、5.2.2.3 和 5.2.2.4 的要求。

6.2.2.7 具有电流限制功能 SPD 的交流耐受试验

SPD 应按图 6 所示进行接线。应从表 8 选取交流短路电流值。试验次数要达到规定的次数。在两次试验之间要有足够的时间,以防止试品的热量积累。交流电源电压的峰值不应超过制造商规定的最

大中断电压。在试验前和完成注入要求次数的交流电流之后,SPD 应满足 5.2.2.1、5.2.2.2 和 5.2.2.3 的要求。电流可注入到从表 8 选择的合适的端子上。如果需要对三端子和五端子 SPD 进行试验时,电流可注入到 X_1-X_2 端子上。在试验三端子和五端子 SPD 时,可同时或分别地以相同的极性来试验未受保护侧的每对端子(X_1-C 和 X_2-C)。

6.2.2.8 具有电流限制功能 SPD 的冲击耐受试验

SPD 应按图 7 所示进行接线。应从表 9 选择冲击电压和冲击电流。试验次数要达到规定的次数。在两次试验之间要有足够的时间,以防止试品的热量积累。对一种极性的试验次数应为规定次数的一半,接着对相反极性做另一半次数的试验。或者,对一半的试品做一种极性的试验,而另一半试品做相反极性的试验。在试验前和完成规定次数的试验之后,SPD 应满足 5.2.2.1、5.2.2.2、5.2.2.3 的要求。

应从表 9 中选取冲击电流并注入到合适的端子上。对三端子和五端子 SPD 进行试验时,电流可注入到 X_1-X_2 端子上。在试验三端子和五端子 SPD 时,可同时或分别地以相同的极性来试验未受保护的每对端子(X_1-C 和 X_2-C)。

在试验时,可要求用小电流熔断器把 I^2t 水平降到 SPD 的额定值之内。电子限流器(例如以电弧方式工作的气体放电管)可设计成随最小保护的负荷阻抗或电压动作。如有需要,这种电子限流器应增加到试验电路中。

6.2.3 传输特性试验

6.2.3.1 电容

SPD 的电容用信号发生器测量,其选定的测量的频率为 1 MHz,电压为 1 V(有效值),每次测量一对端子,所有未参与测量的端子连接在一起,并在信号发生器处接地。不应施加直流偏置。应注意某些 SPD 的电容是与偏置电压有关的。在某些应用中,这种偏置电压可只出现于一对通信线的一条线上,从而导致电容明显不平衡。

6.2.3.2 插入损耗

插入损耗以 dB 表示,它是利用长度最长为 1 m,并具有合适的特性阻抗的导线来测量的。利用图 8 的电路进行测量。先采用短接来代替 SPD,然后再插入 SPD 分别进行测量,测量值用分贝表示。插入损耗是两个测量值之间的差。表 10 列出了特性阻抗、频率范围和电缆的类型。推荐的试验电平是 -10 dBm。

在传输的频率范围内,测得的图 8 中平衡—不平衡转换器和测试导线的综合损耗不应超过 3 dB。应在 SPD 预定使用的传输应用频率范围内测量和记录插入损耗。

表 10 图 8 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~250 MHz	100、120 或 150	双绞线
≤ 1 GHz	50 或 75	同轴电缆
> 1 GHz	50	同轴电缆

6.2.3.3 回波损耗

回波损耗以 dB 表示,它是利用长度最长为 1 m,并具有合适的特性阻抗的导线来测量的。利用图 9 的电路采用短接线来代替 SPD,然后再插入 SPD 分别进行测量,测量值用分贝表示。表 10 列出了特性阻抗、频率范围和电缆的类型。推荐的试验电平是-10 dBm。

将信号施加到 SPD 上,在施加信号的端子上测量由于阻抗不连续而被反射回来的反射信号。应在 SPD 预定使用的传输应用频率范围内测量和记录回波损耗。

6.2.3.4 纵向平衡试验/纵向转换损耗试验(LCL)

以下公式中计算出的纵向平衡相当于 ITU-T 0.9(03.1999)标准中的纵向转换损耗(LCL)。

图 10 显示出了三端子、四端子和五端子 SPD 平衡试验的接线。对于四端子和五端子 SPD 应采用开关 S1 断开和闭合两种情况来进行试验。纵向平衡是施加的纵向电压 V_s 与受试 SPD 的合成电压 V_m 之比,以分贝为单位,用下式表示:

$$\text{纵向平衡(dB)} = 20\log(V_s/V_m)$$

式中信号 V_s 和 V_m 有相同的频率。

由于高频范围要求更高的准确性,需要用不平衡变压器来装配 SPD,而不是用图 10 所示的电阻。横向阻抗 Z_1 和纵向阻抗 Z_2 的测试电桥配置,并不代表所有的实际情况。预期的传输特性值及其限制,如频率范围和电压,终止阻抗和测量频率的特殊情况,在相关 ITU-T 资料中有给出。在 190 kHz 不同频率范围内的阻抗值如表 11 所示。除非另有规定,试验应在递增频率下进行,如对模拟电路的 SPD,可在频率为 200 Hz、500 Hz、1 000 Hz 和 4 000 Hz 处进行试验。对 ISDN 数字电路的 SPD 可在 5 kHz、60 kHz、160 kHz 和 190 kHz 处进行试验。测量安排的固有的纵向平衡应超出 SPD 的极限设置 20 dB。如果 SPD 的纵向平衡值受到直流偏置电压的影响,那么在每个 SPD 端子处施加适当的直流偏压进行试验。测量准备要求在 ITU-T 的 0.9 中给出。

表 11 纵向平衡试验的阻抗值

f/kHz	电路类型	Z_1^a/Ω	Z_2^b/Ω
≤ 4	模拟电路	300	150
≤ 190	ISDN 数字电路	55 或 67.5	20~40
高达 30 MHz	ADSL2+; VDSL	67.5	20~40
^a 测试设定的和实际的纵向平衡间的真正差异,在某种程度上取决于终端输入阻抗,因此这一分析适用于几乎所有合理的输入阻抗。对于指定 Z_1 和 Z_2 的详细信息,见相关产品标准。 ^b Z_2 应等于 Z_1 的一半。			

当纵向转换损耗取决于 SPD 的串联匹配电阻时,纵向平衡值可规定为串联电阻最大偏差的欧姆值或串联电阻之间差值的百分数。

6.2.3.5 误码率(BER)

误码率(BER,见图 11),即用误码数目除以总码数,可以用来判定通信或数据存储产品的性能。比如,在传输 100 000 个码中有 2.5 个不正确,其误码率即为 2.5 除以 10^5 或 2.5×10^{-5} 。不同传输速率的测试时间如表 12 中显示。

误码率测试是用来测量插入 SPD 后造成的变化(如果有的话)。误码率测试在 ITU-T 的 G 系列标准中描述。(如 ISDN ITU-T G.821, ADSL2 ITU-T G.992.3, VDSL ITU-T G.993.1 等)

表 12 BER 试验的测试时间

伪随机位模式(R)	试 验 时 间
$R < 64 \text{ kbit/s}$	1 h
$64 \text{ kbit/s} \leq R < 1\,554 \text{ kbit/s}$	30 min
$R \geq 1\,554 \text{ kbit/s}$	10 min

6.2.3.6 近端串扰(NEXT)

串扰是按图 12 在一个短的、端部接到 SPD 的平衡试验导线上测量的。一个平衡的输入信号施加到被 SPD 干扰的一条线路上,而在靠近试验导线端部测量被干扰线路上的感应信号。推荐的试验信号是-10 dBm。

在传输频率范围内,平衡-不平衡转换器和试验导线综合的测量损耗不应超过 3 dB。应在 SPD 使用的传输频率范围内测量和记录近端串扰。

6.3 机械特性试验

6.3.1 接线端子和连接器

应验证组装在一起的端子是否满足 5.3.1 的要求。

6.3.1.1 一般试验程序

按制造商的建议安装 SPD,并防止 SPD 受到外部过热和过冷的影响。

除非另有规定,在采用最严格接线配置(例如最大或最小截面积)的导线连接到 SPD 的端子上时:

- 对既有线路端子又有被保护的线路端子的 SPD,应符合表 13;
- 对其他的 SPD,应按照制造商的说明书。

应把被试验的 SPD 固定在一块厚度约为 20 mm、刷有黑漆的暗色木板上。固定的方法应符合制造商建议的有关安装措施的要求。试验期间,不允许维修或拆卸试品。

表 13 铜导线连接的截面积(用于螺钉型端子和无螺钉型端子)

SPD 的最大额定电流/A	被夹紧导线标称截面积的范围	
	mm ²	AWG-端子规格
≤ 1	0.1~1	26~18
> 1 和 ≤ 13	1~2.5	18~14
> 13 和 ≤ 16	1~4	18~22

6.3.1.2 带有螺钉的接线端子

通过直观检查其是否符合要求。对接在 SPD 的螺钉经过下面的试验进行检查。

拧紧和旋松螺钉:

- 与绝缘材料螺纹相啮合的螺钉,10 次;
- 对其他所有的情况,5 次。

旋入绝缘材料螺纹的螺钉或螺母每次要完全旋出之后再旋入。要使用合适的测试螺钉起子或扳手,并施加制造商所建议的力矩进行测试。拧紧螺钉时不应用力过猛。每次旋松螺钉后,要将导线

取出。

试验时。螺钉连接件不应松动和发生诸如螺钉断裂、螺钉头部槽口、螺纹、垫圈和 U 形卡损坏等，这将影响 SPD 今后的使用。

此外，不要损坏外壳和盖板。

6.3.1.3 无螺钉型的接线端子

通过下述试验检查符合性。

对两端口 SPD，在接线端子上接入的新导线的类型和最大、最小截面积按表 13 选取；对一端口 SPD，按制造商提出的值选取。

沿每根导线轴向施加如表 14 所示的拉力，持续时间为 1 min。施力时不要用力过猛。

在试验期间，接线端子上的导线不应移动或有任何损坏的迹象。

表 14 无螺钉型接线端子的拉力

截面积/mm ²	0.5	0.75	1.0	1.5	2.5	4
拉力/N	30	30	35	40	50	60

6.3.1.4 绝缘穿刺的连接

6.3.1.4.1 设计使用单芯导线的 SPD 端子的拉脱试验

通过下述试验检查符合性。

按 6.3.1.1 规定把最小或最大横截面积的新铜导线(无论是实心线还是绞股线，以最不利者为准)接入到端子上。如有螺钉的话，按制造商的建议拧紧。

导线接入和拆卸 5 次，每次都要用新导线。在每次接入之后，沿导线轴向施加一个表 14 中给出的拉力达 1 min，加力时不要过猛。

在试验期间，接线端子上的导线不应移动或有任何损坏的迹象。

6.3.1.4.2 设计使用多芯电缆的 SPD 端子的拉脱试验

按 6.3.1.4.1 对设计使用多芯电缆的 SPD 端子进行拉脱试验。只是拉力不是施加在单根缆芯上，而是施加在整个多芯电缆上。按下式计算拉力：

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

式中：

F ——施加的总力；

n ——缆芯的根数；

$F(x)$ ——以单根导线截面积计的单根缆芯受到的拉力(见表 14)。

在试验时，电缆不应滑脱出端子。

6.3.2 机械强度(安装)

应通过检查证实 SPD 在安装和使用期间具有承受外力的合适机械强度。

6.3.3 防止固体异物和水分的有害进入

按 IEC 60529 进行试验，检查 IP 码。

6.3.4 防直接接触

a) 绝缘部件

试品按正常使用情况安装,并接有最小截面积的导线。另外还要用最大截面积的导线重做试验。(见表 13)。在每个可能的位置按 IEC 60529 采用标准试指进行试验。

对于插入式 SPD(不用工具就可改变其接线),当插头部分地插入或全部插入插座时,在每个可能的位置采用标准试指进行试验。用验电指示器(电压大于 40 V 和小于 50 V)显示与有关部件的接触情况。

b) 金属部件

当 SPD 按正常使用情况安装和接线时,除用以固定底座、外壳和盖板与带电部件绝缘的小螺钉等物件外,可触及的金属部件应通过一个低阻连接线与大地连接。

将等于 1.5 倍额定电流或 25 A 的电流(取较大者,电流由空载电压不超过 12 V 的交流电源产生)依次施加在接地端子与各个可触及的金属部件之间。测量接地端子与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,电阻值不应超过 0.05 Ω 。

注:应注意测量探头的尖端与被试的金属部件之间的接触电阻不得影响试验结果。

6.3.5 阻燃试验

在下列条件下,按照 GB/T 5169.11—2006 中第 4 章~第 10 章进行灼热丝试验。

——在 850 $^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$ 的温度下,对 SPD 中用绝缘材料制成的承载流部件和保护电路的部件保持在位置上必须的外部零件进行试验;

——在 650 $^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 的温度下,对所有由绝缘材料制成的其他零件进行试验。

对于本试验而言,平面安装式的 SPD 的基座可看作是外部零件。对由陶瓷材料制成的部件不进行本试验。如果绝缘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。

灼热丝试验是用来保证电加热的试验丝在规定的试验条件下不会引燃绝缘部件,或保证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。如有疑问,可再用两台试品重复此项试验。试验期间,试品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)。

考虑到在规定的使用条件下发热的元件可能与试品接触的情况,灼热丝的顶端应施加在试品规定的表面上。

如果试品上没有可见的火焰和持久火光,或在灼热丝移走之后,试品上的火焰和火光在 30 s 内自行熄灭,薄棉纸不应着火或松木板不应被烤焦,则试品被认为通过了灼热丝试验。

6.4 环境试验

6.4.1 高温高湿度耐受试验

SPD 应按表 15 选取的时间持续暴露在高温度和高湿度的环境中,其温度为 80 $^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 90%~96%。

应利用图 13 合适的试验电路对 SPD 进行试验。在整个试验过程中,应由交流或直流电源给 SPD 供电。电源电压应等于 5.2.1.1 规定的最大持续运行电压,该电源应有足够电流容量供 SPD 试品汲取电流。经试验之后,应把 SPD 冷却到 23 $^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的环境温度。

表 15 耐受高温和高湿度试验测试持续时间的优选值

测试持续时间/天	测试持续时间/天
10	30
21	56

6.4.2 冲击电涌下的环境循环试验

SPD 应暴露在无凝露的循环环境中,其循环的持续时间与表 16 中选取的循环相对应。在试验期间,应使用具有表 3 规定特性的冲击发生器施加从表 3 中 C 类中选取的足够大的开路电压。

当选择循环 A 时,在连续的 5 天循环中每天施加两次冲击电流,随后两天不施加冲击电流。而在选择循环 B 时,在温度循环的第一天和最后一天,每天应各施加两次冲击电流。在做冲击电流试验时,在表 16 给出的温度上限 T_1 时施加一次冲击,在表 16 给出的温度下限 T_2 时施加另一次冲击。应在温度上限或下限的恒定段中心前后 1 h 的范围内施加冲击。在同一天施加的冲击电流应具有相同的极性,但随后一天应采用相反的极性。该程序应重复进行,直到环境循环完成。

应采用图 13 合适的试验电路对 SPD 进行试验。在整个循环中应由直流电源供电。该直流电源的正、负电压值不应超过 5.2.1.1 规定的额定电压。在施加冲击电流时,不应给 SPD 供直流电。

在每次施加冲击电流期间,应测量冲击限制电压。在每次冲击试验后的 1 h 之内应测量绝缘电阻。如果在已知 SPD 对直流电源的极性敏感的情况下,应测试正、负极性下的绝缘电阻。

在环境循环结束后的 1 h 内,SPD 应满足 5.2.1.2 和 5.2.1.3 的要求。

表 16 环境循环试验中温度和持续时间的优选值

循环类型	温度上限(T_1)/℃	温度下限(T_2)/℃	持续时间(周期)/天
循环 A-图 14	32 ± 2	4 ± 2	30
循环 B-图 15 (根据 IEC 60068-2-30 中 6.3.3 修改 2)	40 或 55 ± 2	25 ± 3	5

6.4.3 交流电涌下的环境循环试验

SPD 应暴露在无凝露的循环环境中,其循环的持续时间与表 16 中选取的循环相对应。在试验期间,应使用具有足够大开路电压的交流电压发生器,其短路电流从表 5 中选取。

当选择循环 A 时,在连续的 5 天循环中每天施加两次电涌电流,随后两天不施加交流电涌电流。而在选择循环 B 时,在温度循环的第一天和最后一天,每天应施加两次交流电涌电流。每天两次交流电涌电流,一次按表 16 给出的温度上限 T_1 时施加,另一次按表 16 给出的温度下限 T_2 时施加。应在温度上限或下限的恒定段中心前后 1 h 的范围内施加交流电涌。该程序应重复进行,直到环境循环完成。

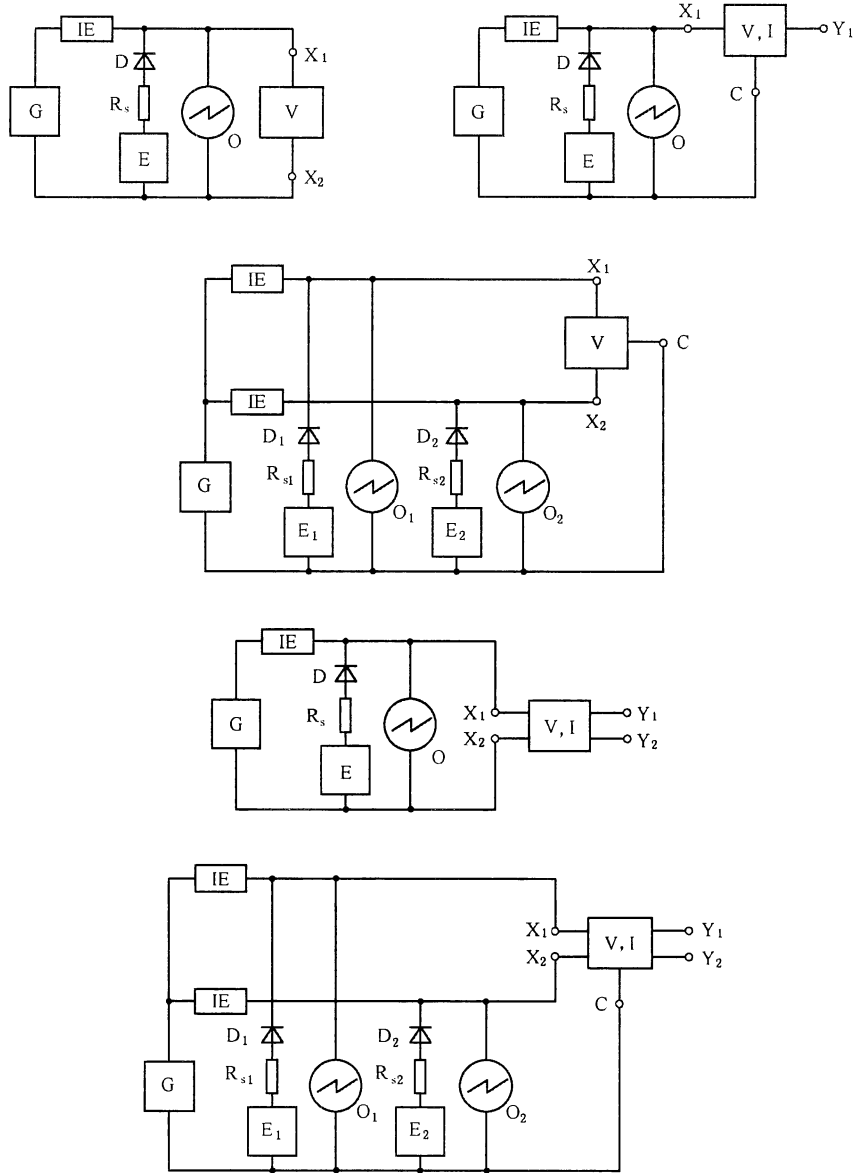
应采用图 13 合适的试验电路对 SPD 进行试验。在整个循环中应由直流电源供电。该直流电源的正、负电压值不应超过 5.2.1.1 规定的额定电压。在施加交流电流时,不应给 SPD 供直流电。

在每次施加电流期间,应测量交流限制电压。在每次交流电涌试验后的 1 h 之内应测量绝缘电阻。如果在已知 SPD 对直流电源的极性敏感的情况下,应测试正、负极性下的绝缘电阻。

在环境循环结束后的 1 h 内,电压限制功能应满足冲击限制电压和绝缘电阻的要求。

7 验收试验

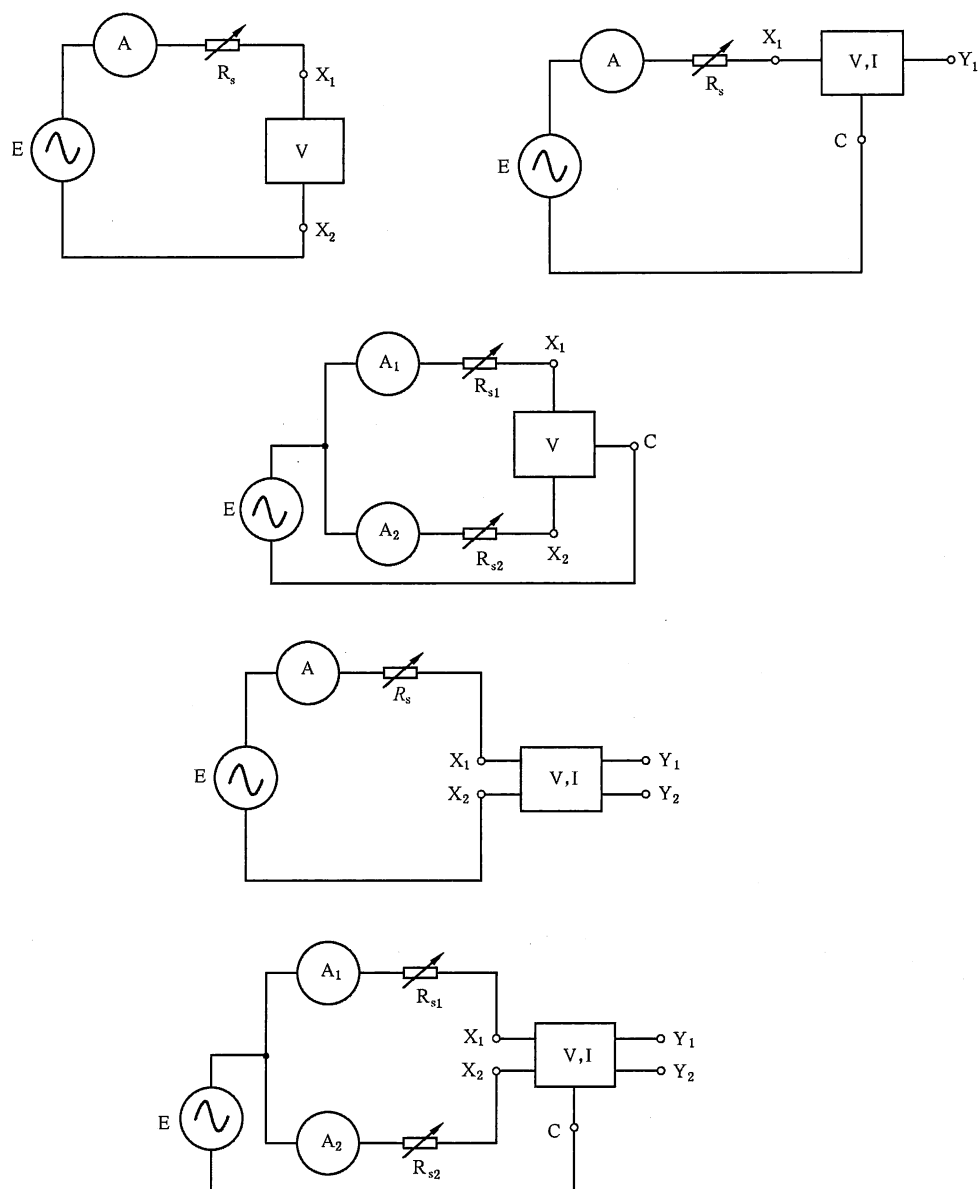
验收试验按制造商和用户之间的协议进行。



说明：

- O、O₁、O₂ ——示波器；
- E、E₁、E₂ ——直流或交流电压源；
- G ——冲击发生器；
- IE ——隔离单元；
- R_s、R_{s1}、R_{s2} ——无感电源电阻；
- D、D₁、D₂ ——用于直流电源的二极管，用于交流电源的去耦元件；
- V ——电压限制元件；
- V、I ——电压限制元件或电压限制元件与电流限制元件的组合；
- X₁、X₂ ——线路端子；
- Y₁、Y₂ ——被保护的线路端子；
- C ——公共端子。

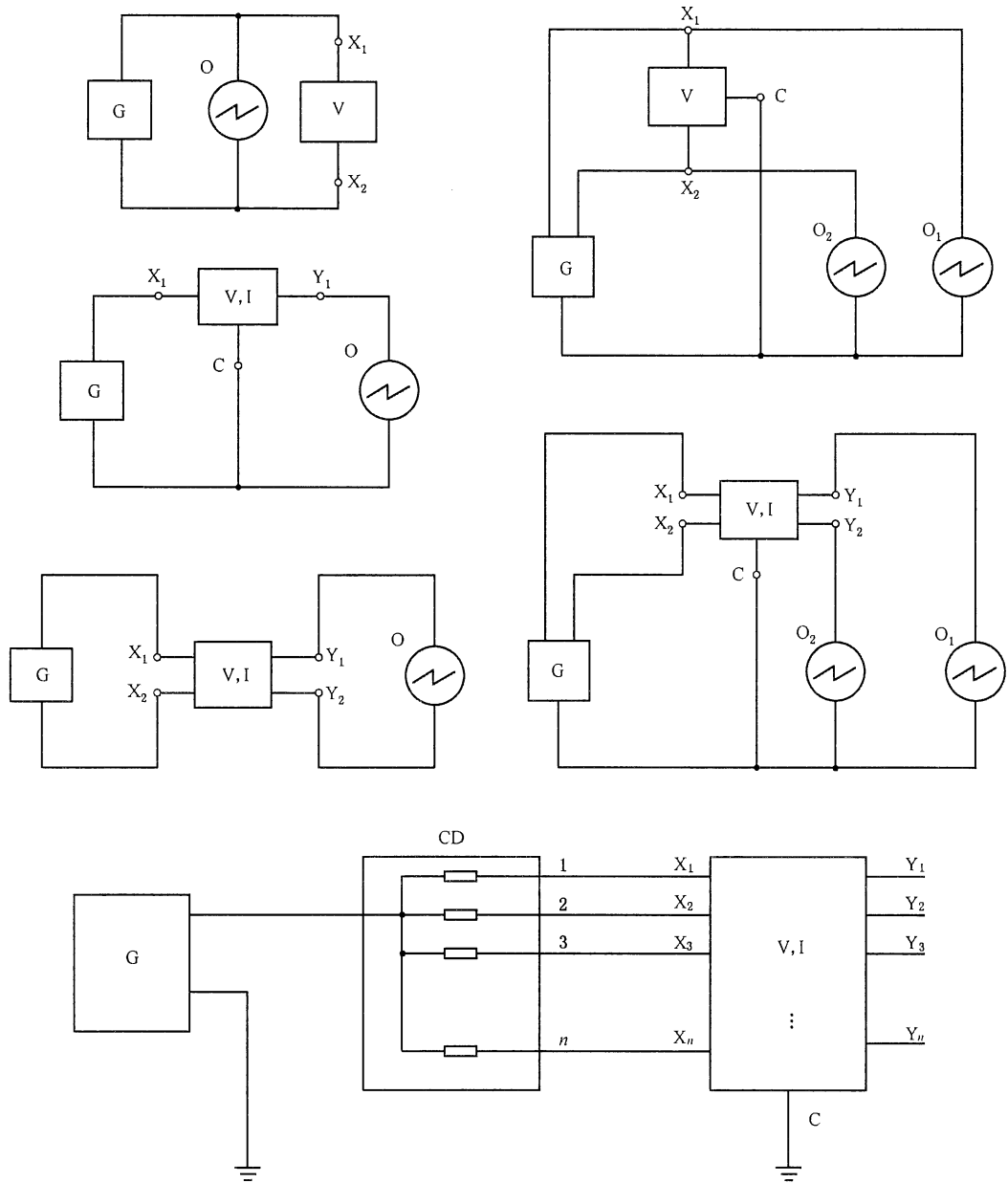
图 2 冲击复位时间的试验电路



说明:

- A, A₁, A₂ —— 电流表;
- E —— 交流电压源;
- R_s, R_{s1}, R_{s2} —— 无感电源电阻;
- V —— 电压限制元件;
- V, I —— 电压限制元件或电压限制元件与电流限制元件的组合;
- X₁, X₂ —— 线路端子;
- Y₁, Y₂ —— 被保护的线路端子;
- C —— 公共端子。

图 3 交流耐受试验和过载故障模式的试验电路



说明：

O, O₁, O₂——示波器,用于冲击耐受试验期间监视 U_p ;

G——冲击发生器;

CD——分流元件;

V——电压限制元件;

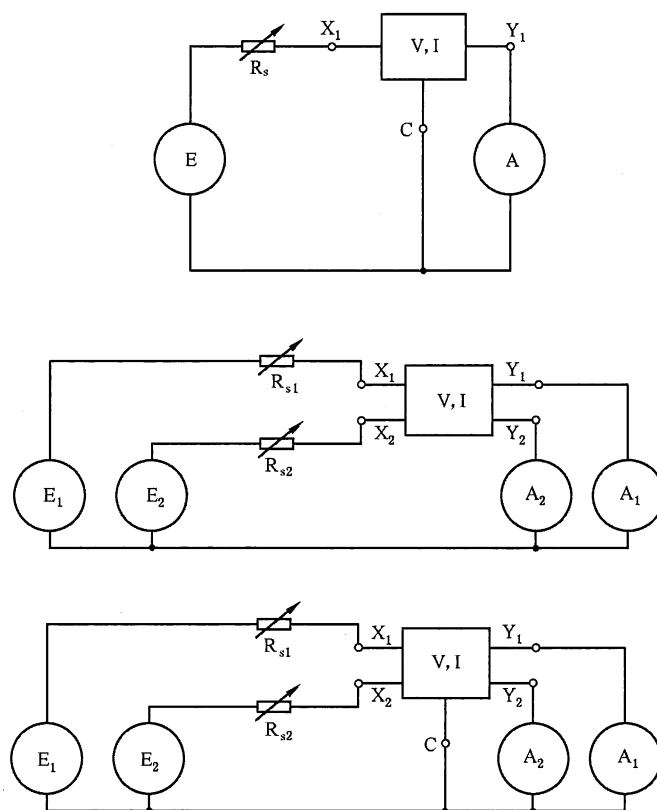
V, I——电压限制元件或电压限制元件与电流限制元件的组合;

X₁, X₂——线路端子;

Y₁, Y₂——被保护的线路端子;

C——公共端子。

图 4 冲击耐受试验和过载故障模式的试验电路



说明：

A, A_1, A_2 —— 电流表；

E, E_1, E_2 —— 交流电压源；

R_s, R_{s1}, R_{s2} —— 无感电源电阻；

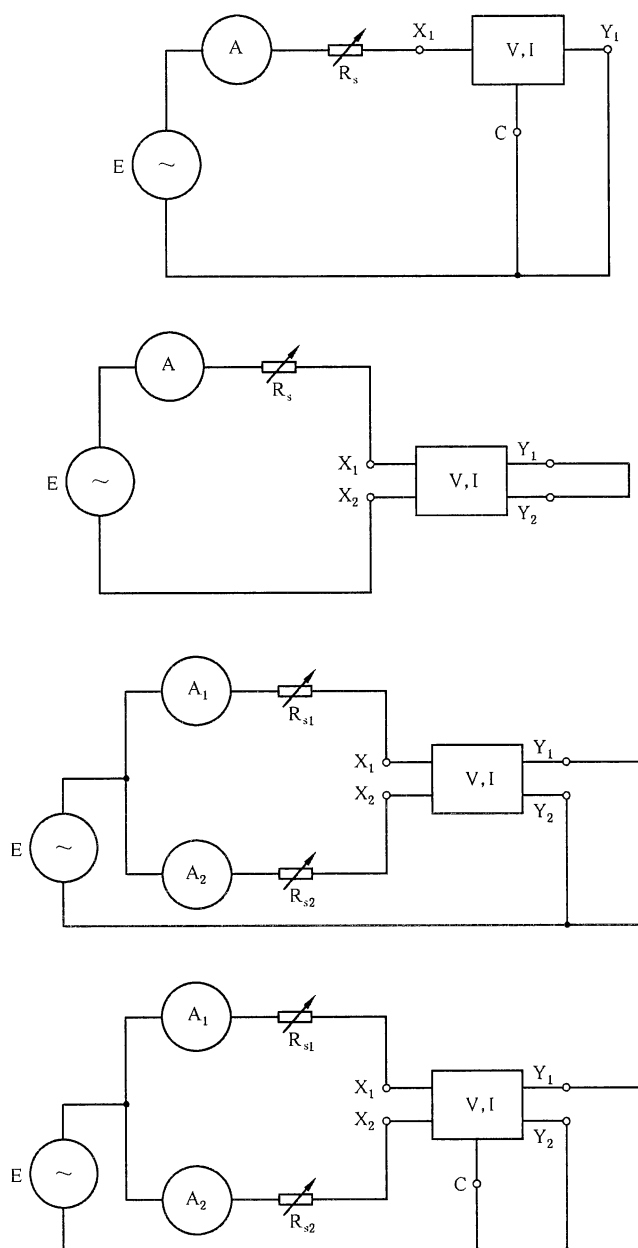
V, I —— 电压限制元件或电压限制元件与电流限制元件的组合；

X_1, X_2 —— 线路端子；

Y_1, Y_2 —— 被保护的线路端子；

C —— 公共端子。

图 5 检验额定电流、串联电阻、响应时间、电流恢复时间、最大中断电压和动作负载的试验电路



说明:

A, A_1, A_2 —— 电流表;

E —— 交流电压源;

R_s, R_{s1}, R_{s2} —— 无感电源电阻;

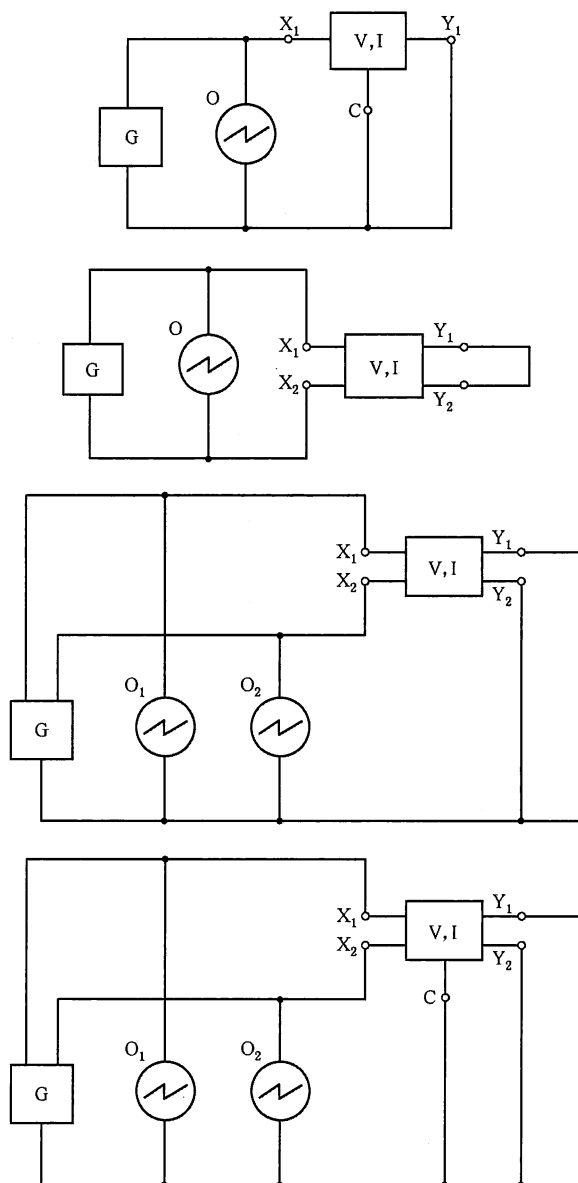
V, I —— 电压限制元件或电压限制元件与电流限制元件的组合;

X_1, X_2 —— 线路端子;

Y_1, Y_2 —— 被保护的线路端子;

C —— 公共端子。

图 6 交流耐受试验电路



说明:

O, O_1, O_2 —— 示波器;

G —— 冲击发生器;

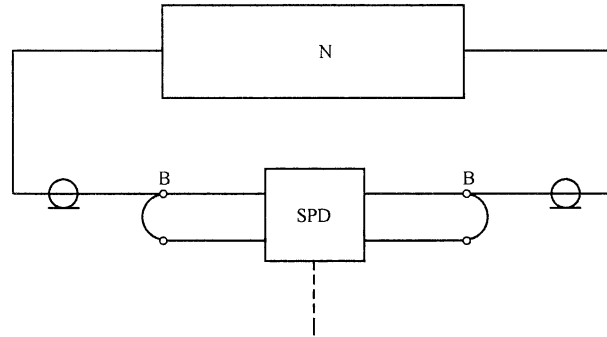
V, I —— 电压限制元件或电压限制元件与电流限制元件的组合;

X_1, X_2 —— 线路端子;

Y_1, Y_2 —— 被保护的线路端子;

C —— 公共端子。

图 7 冲击耐受试验电路

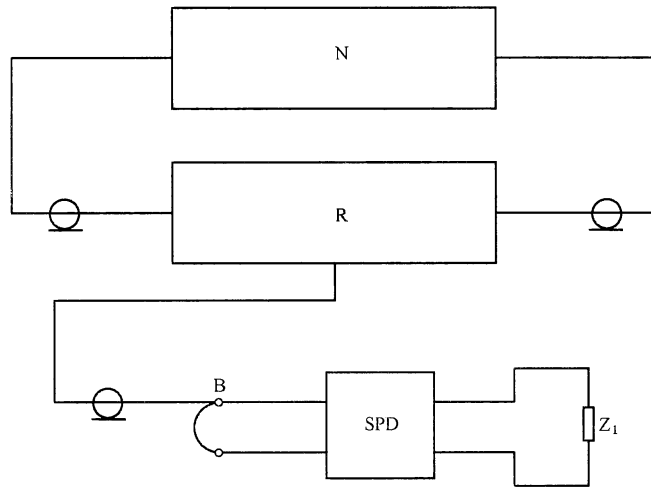


说明：

N —— 网络分析仪；

B —— 平衡-不平衡转换器。

图 8 插入损耗试验电路



说明：

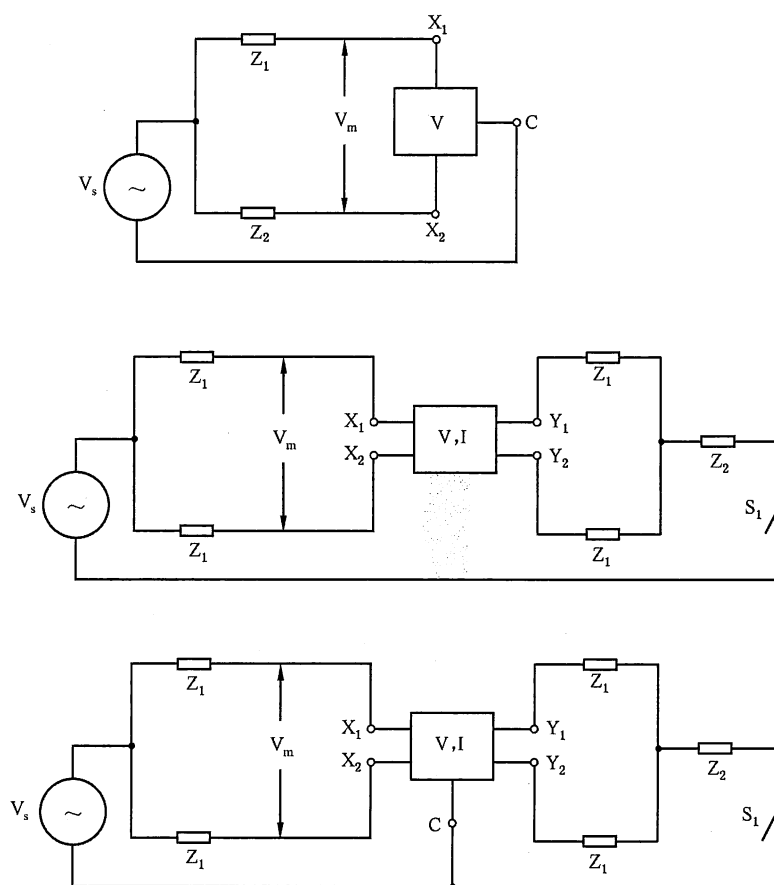
N —— 网络分析仪；

R —— 反射电桥；

B —— 平衡-不平衡转换器；

Z_1 —— 终端阻抗 100 Ω 或 120 Ω 或 150 Ω 。

图 9 回波损耗试验电路



说明：

V_s ——干扰共模电压(纵向的)；

V_m ——差模电压(导线间)；

Z_1, Z_2 ——终端阻抗；

V ——电压限制元件；

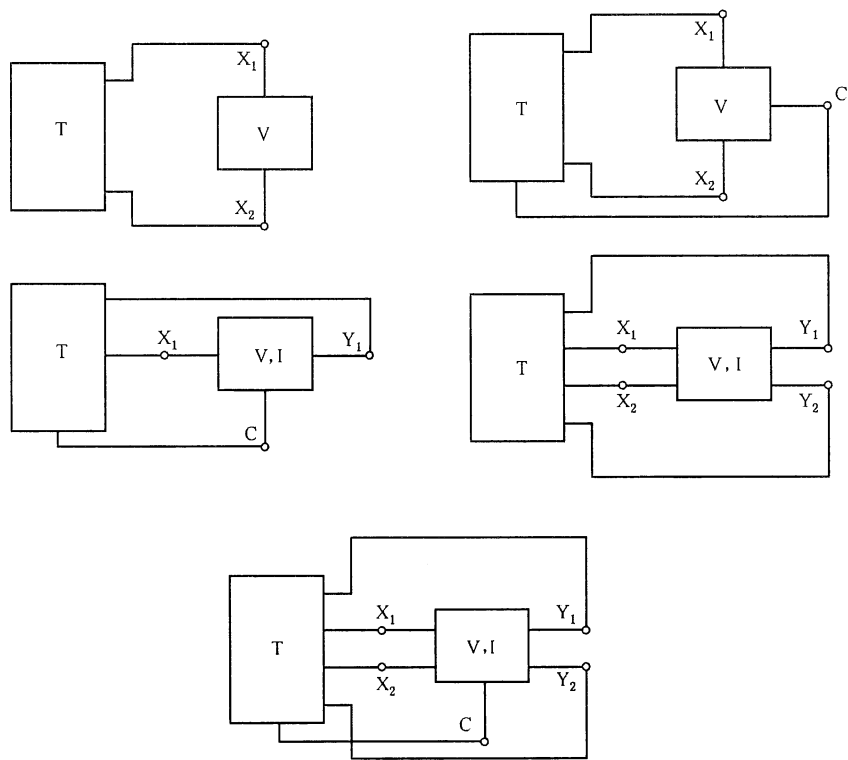
V, I ——电压限制元件或电压限制元件与电流限制元件的组合；

X_1, X_2 ——线路端子；

Y_1, Y_2 ——被保护的线路端子；

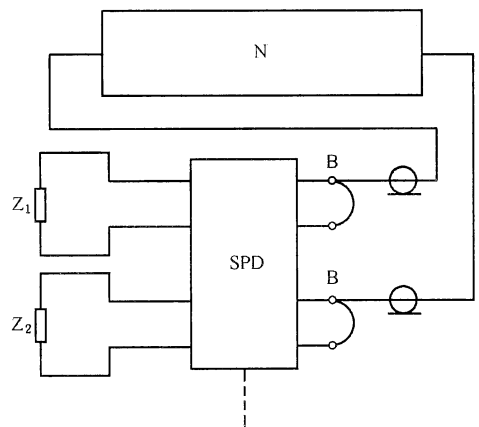
C ——公共端子。

图 10 纵向平衡试验电路



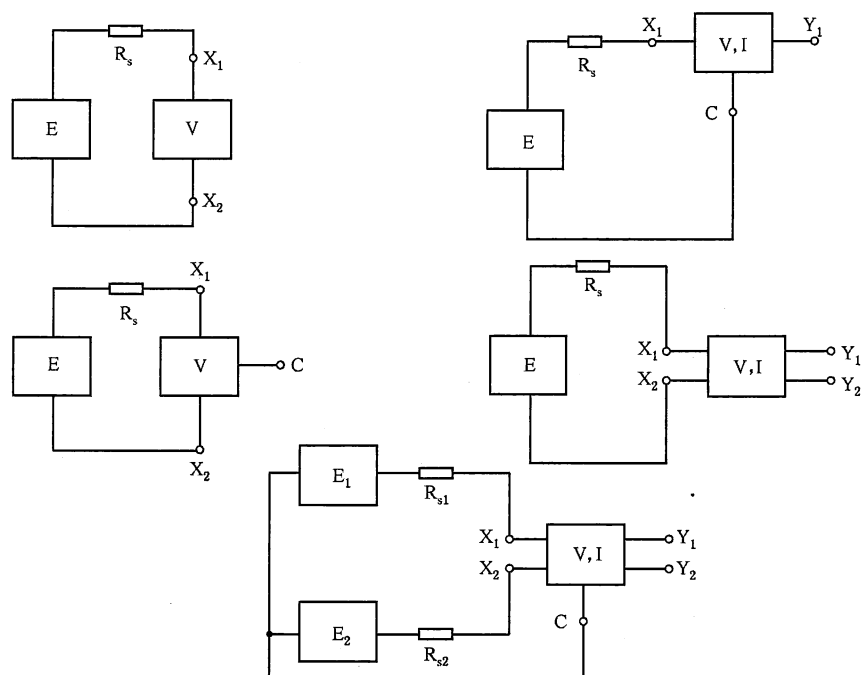
说明：
T ——BER 检测器；
V ——电压限制元件；
V,I ——电压限制元件或电压限制元件与电流限制元件的组合；
 X_1, X_2 ——线路端子；
 Y_1, Y_2 ——被保护的线路端子；
C ——公共端子。

图 11 检验误码率的试验电路



说明：
N ——网络分析仪；
B ——平衡-不平衡转换器；
 Z_1, Z_2 ——终端阻抗。

图 12 近端串扰试验电路



说明:

E, E_1, E_2 —— 直流或交流电压源;

R_s, R_{s1}, R_{s2} —— 无感电源电阻;

V —— 电压限制元件;

V, I —— 电压限制元件或电压限制元件与电流限制元件的组合;

X_1, X_2 —— 线路端子;

Y_1, Y_2 —— 被保护的线路端子;

C —— 公共端子。

图 13 高温/高湿度耐受试验和环境循环试验电路

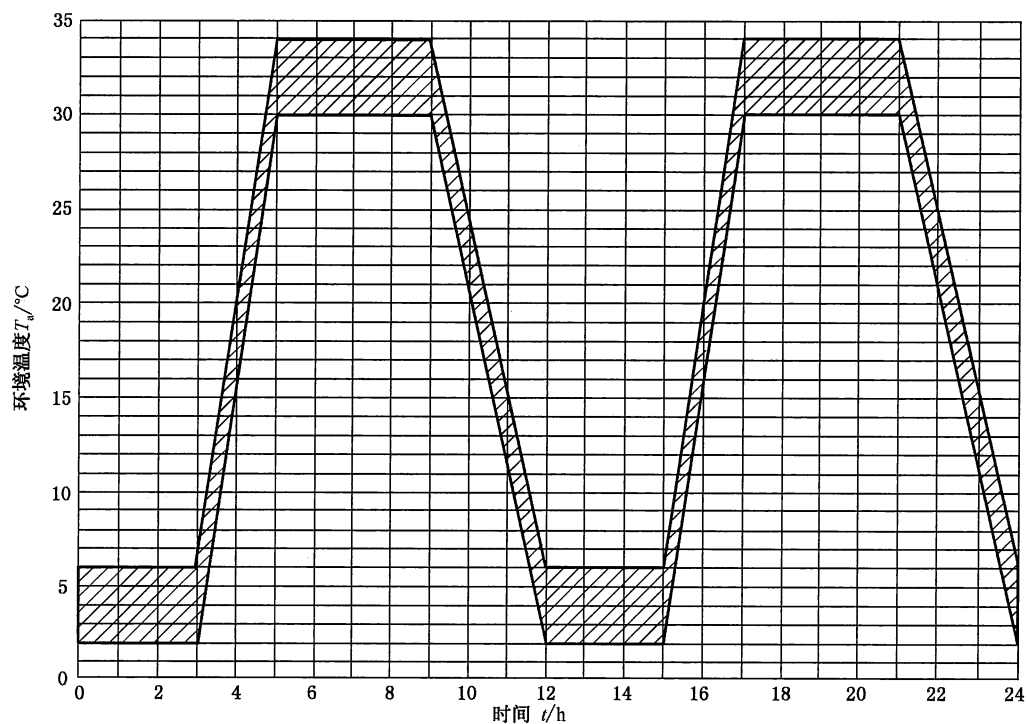
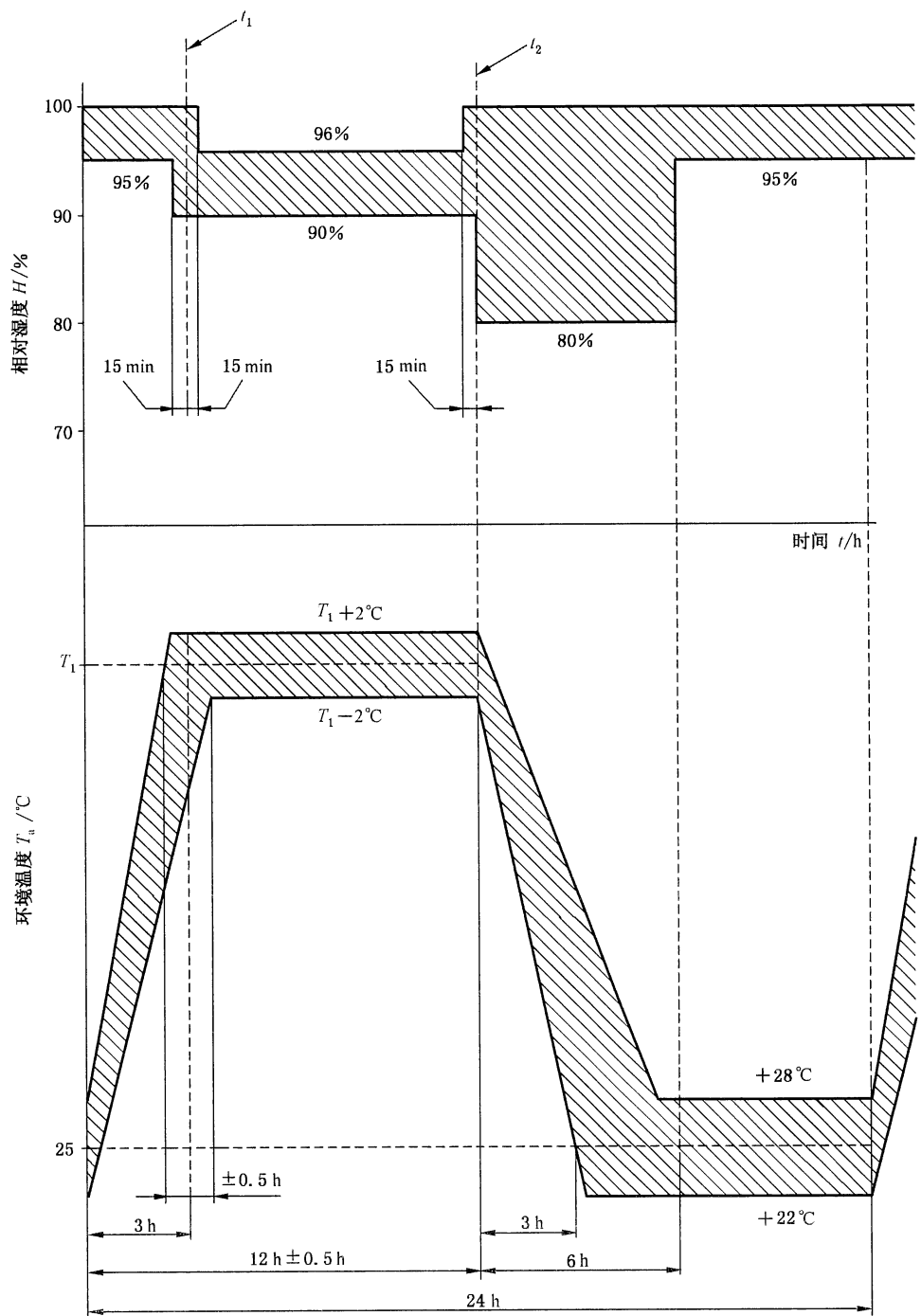
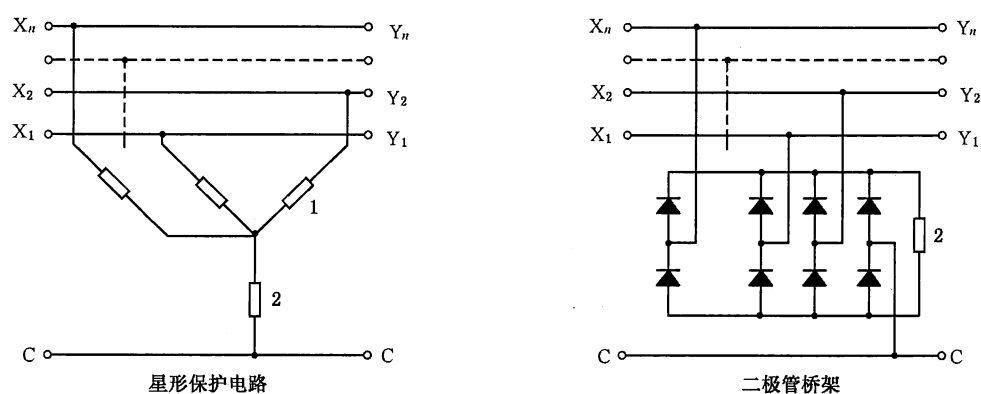


图 14 环境循环试验方案 A, $RH \geq 90\%$



说明：
 T_1 ——上限温度，+40℃或+55℃；
 t_1 ——温度上升结束的时间；
 t_2 ——温度下降开始的时间。

图 15 环境循环试验方案 B



说明:

X_1, X_2, X_n —— 接线端子;
 Y_1, Y_2, Y_n —— 被保护线路端子;
 C —— 公共端;

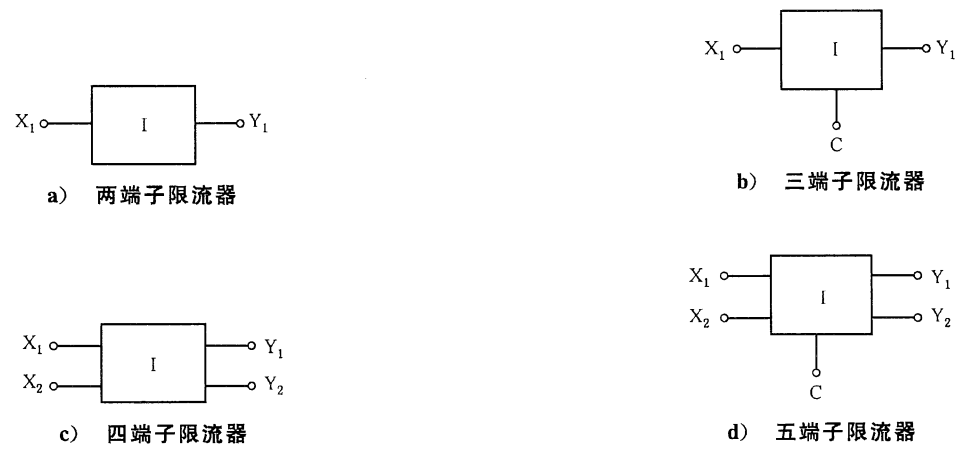
1——独立保护元件;
 2——公共保护元件。

图 16 有公共电流通路的多端子 SPD 的示例

附录 A
(资料性附录)

只带有电流限制元件的保护器件

图 A.1 显示了只带有电流限制元件的保护器件的结构。应按 5.2.2 中适用的要求对这种器件进行试验。按 6.2.2 试验时所用的电压源的电压应小于或等于制造商规定的最大中断电压。视其应用情况,电流保护器件也应按 6.3 进行试验和按 6.2.3 选择试验。



说明:

I —— 电流限制元件;

X_1, X_2 —— 线路端子;

Y_1, Y_2 —— 被保护的线路端子;

C —— 公共端子。

图 A.1 只带有电流限制元件的保护器件的结构

附 录 B
空 缺

附 录 C
空缺

附 录 D
(资料性附录)
测量精度

IEC 61083-1 规定了模拟式和数字式的脉冲记录仪器,如带探针的数字示波器。模拟式记录器的上升时间应比信号上升时间快 5 倍,以确保在所显示的上升时间中,偏差小于 2%。数字式记录器的采样时间至少为 $30/TX$,其中 TX 是所需测量的时间间隔。在只要求冲击参数被分析的试验中,推荐使用额定分辨率为全偏差的 0.4%(即 2^{-8} 的全偏差)或精度更高的仪器。在相关需要比对记录结果的测试中,应使用额定分辨率为全偏差的 0.2%(即 2^{-9} 的全偏差)或精度更高的仪器。IEC 61083-1 也提出了某些特定波形的额外精度参数。

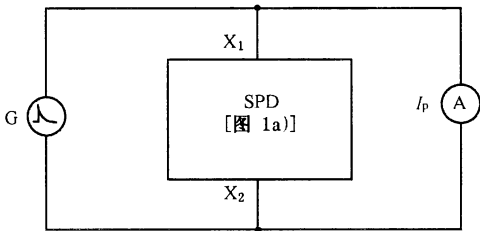
附录 E
(资料性附录)
允通电流 I_p 的测定

测定 SPD 输出端的最大允通电流 I_p 时,其输入端需接受从表 3 选择的规定冲击测试。应测量短路的输出电流波形(图 E.1 到 E.6),如果所测得的波形与表 3 给出波形一致,则 I_p 值即为测得电流的峰值。如果所测得的波形偏离表 3 中的指定波形,则假设从图 1 b)到图 1 f),所测得的最大电流即相当于 I_p 。在图 1a)中, I_p 等于发生器的短路电流。要得到一个配合的准确计算,有必要使用允通能量(LTE)方法(见 GB/T 18802.12 条款 F.5 或 IEC 62305-4 条款 C.4)。

允通电流 I_p 的测定用来计算 SPD 的配合性(见 GB/T 18802.22 图 E.1)。

如果规定了多个测试脉冲,应在每个测试冲击中显示 U_p 和 I_p 的最大值。根据 SPD 的类型(见 1.2)来选择以下 a)、b)或 c)试验。

- a) 测试脉冲的非对称性以确定差模 I_p (见图 E.1),在 SPD 的输入端施加测试脉冲。
- b) 测试脉冲的非对称性以确定共模 I_p (见图 E.2),在 SPD 的输入端施加测试脉冲。
- c) 测试脉冲的对称性以确定差模 I_p (见图 E.3),在 SPD 的输入端用均流器(1 : 2)施加测试脉冲。
- d) 测试脉冲的非对称性以确定差模 I_p (见图 E.4),在 SPD 的输入端施加测试脉冲。
- e) 测试脉冲的对称性以确定共模 I_p (见图 E.2),在 SPD 的输入端用均流器(1 : 2)施加测试脉冲。
- f) 测试脉冲的对称性以确定差模 I_p (见图 E.3),在 SPD 的输入端用均流器(1 : n)施加测试脉冲。



注: I_p 值等于发生器的冲击电流。

图 E.1 差模允通电流的测定

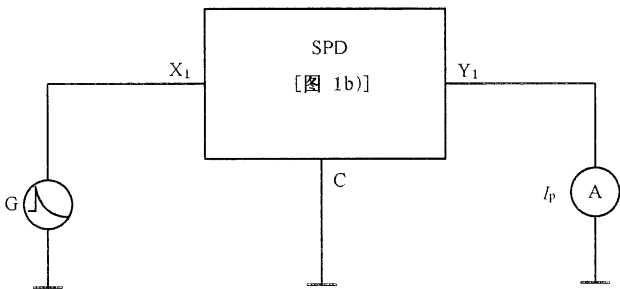


图 E.2 共模允通电流的测定

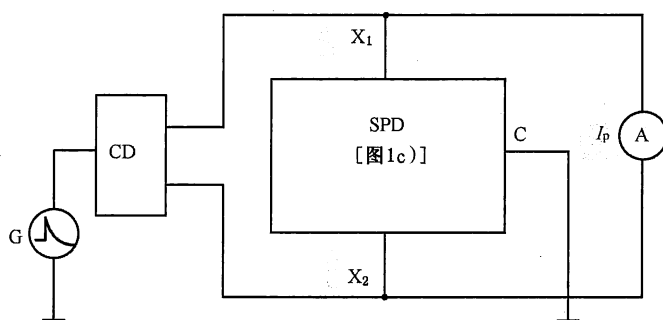


图 E.3 差模允通电流的测定

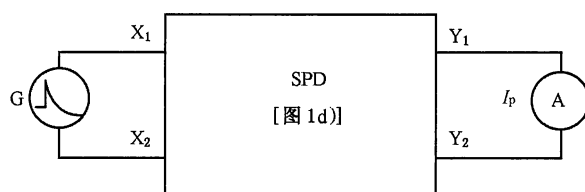


图 E.4 差模允通电流的测定

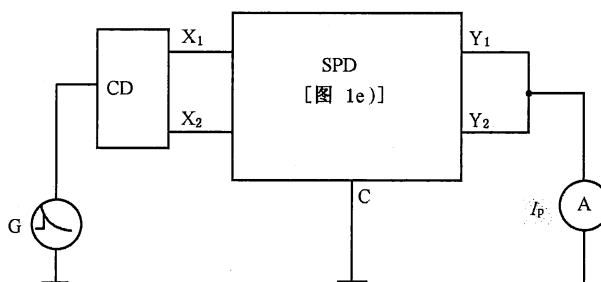


图 E.5 共模最大允通电流的测定

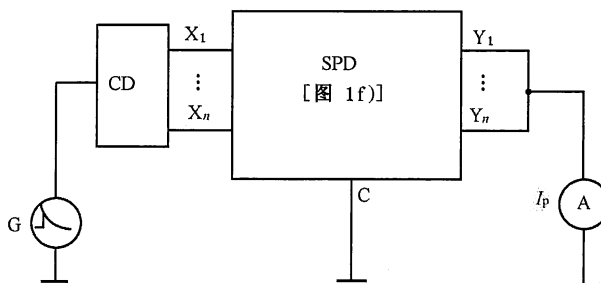
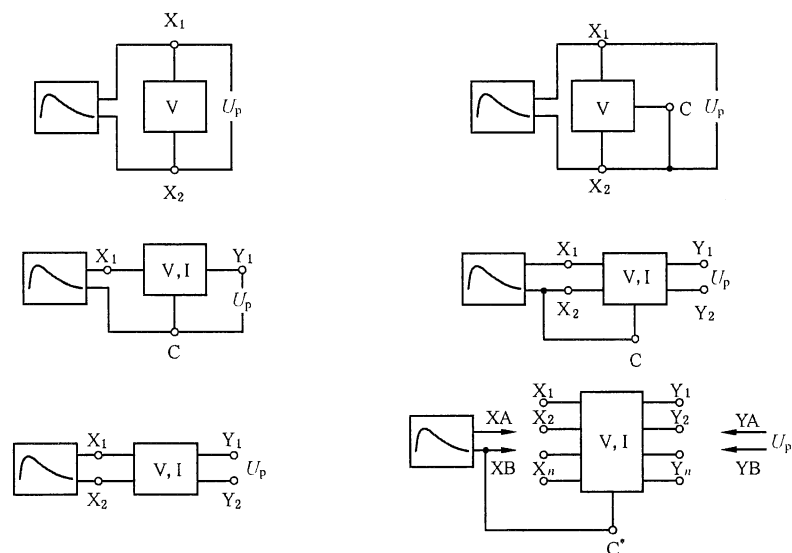


图 E.6 多端子 SPD 共模最大允通电流的测定

附录 F
(资料性附录)
测量 U_p 的基本电路

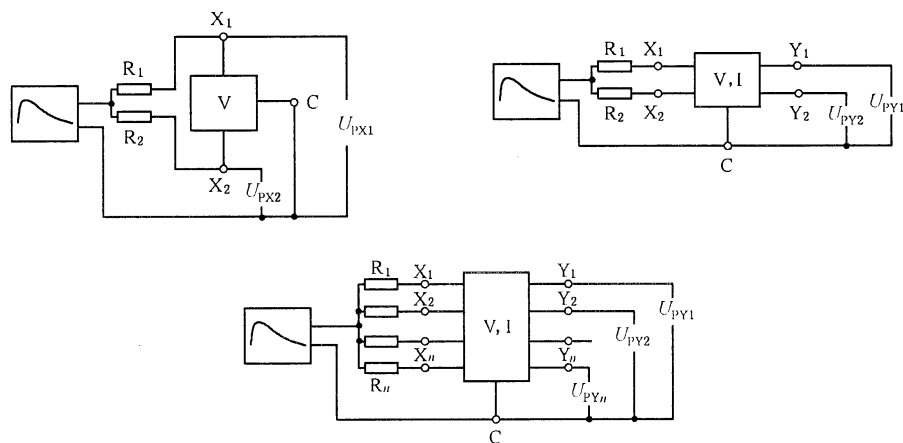


注 1: XA 和 XB 为冲击电流发生器的连接端, 它们依次连接到由端子 X_1, X_2 到端子 X_n 的端子对。

注 2: YA 和 YB 连接到与测试的 X 端子对相对应的 Y 端子对来测量 U_p 。

注 3: 可能连接到 C 端子来进行 ITU-T 的试验设置。

图 F.1 图 1 中 SPD 的差模 U_p 测量



注: R_1 到 R_n 是冲击电流的分流电阻 (可能是内部的或外部的)。

图 F.2 对 C 端子的 SPD 共模 U_p 测量的 ITU-T 试验设置

附录 G

(资料性附录)

电信系统的特别抵抗性

当无法安装总线 SPD ,或者无法实现总线 SPD 和电信系统的连接时,就要求特别的抵抗性。
例如,ITU-T K.44 要求一个开路电压为 13 kV,短路电流为 325 A 的 B2 类的冲击。

参 考 文 献

- [1] IEC 60060-2:1994, High-voltage test techniques—Part 2: Measuring systems
 - [2] IEC 60068-1:1988, Environmental testing—Part 1: General and guidance
 - [3] IEC 60068-2-38:1974, Environmental testing—Part 2: Tests—Test Z/AD: Composite temperature/humidity cyclic test
 - [4] IEC 60364-5-51:2005, Electrical installations of buildings—Part 5-51: Selection and erection of electrical equipment—Common rules
 - [5] IEC 60664-1, Insulation coordination for equipment within low-voltage systems—Part 1: Principles, requirements and tests
 - [6] IEC 60664-2-1:2011, Insulation coordination for equipment within low-voltage systems — Part 2-1: Application guide—Explanation of the application of the IEC 60664 series, dimensioning examples and dielectric testing
 - [7] IEC 60721-3-3:1994, Classification of environmental conditions—Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities—Section 3: Stationary use at weatherprotected locations
 - [8] IEC 61180-1, High-voltage test techniques for low-voltage equipment—Part 1- Definitions, test and procedure requirements
 - [9] IEC 61643-12, Low-voltage surge protective devices—Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems—Selection and application principles
 - [10] IEC 62305-4, Protection against lightning—Part 4: Electrical and electronic systems within structures
 - [11] ISO/IEC 11801:1995, Information technology—Generic cabling for customer premises
 - [12] IEEE C62.36:1994, IEEE Standard Test Methods for Surge Protectors Used in Low-Voltage Data, Communications, and Signaling Circuits (ANSI)
 - [13] IEEE C62.64:1997, IEEE Standard Specifications for Surge Protectors Used in Low-Voltage Data, Communications, and Signaling
 - [14] ITU-T Recommendation K.12:1995, Characteristics of gas discharge tubes for the protection of telecommunications installations
 - [15] ITU-T Recommendation K.20:1996, Resistibility of telecommunication switching equipment to overvoltages and overcurrents
 - [16] ITU-T Recommendation K.21:1996, Resistibility of subscriber's terminals to overvoltages and overcurrents
 - [17] ITU-T Recommendation K.28:1993, Characteristics of semi-conductor arrester assemblies for the protection of telecommunications installations
 - [18] ITU-T Recommendation K.30:1993 Positive temperature coefficient(PTC)thermistors
 - [19] ITU-T Recommendation K.45:2008, Resistibility of telecommunication equipment installed in the access and trunk networks to overvoltages and overcurrents
-