



中华人民共和国气象行业标准

QX/T 108—2009

电涌保护器测试方法

Testing methods of surge protective device

2009-06-07 发布

2009-11-01 实施

中 国 气 象 局 发 布

中华人民共和国
气象行业标准
电涌保护器测试方法
QX/T 108—2009

*

气象出版社出版发行
北京市海淀区中关村南大街46号
邮政编码:100081
网址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>
发行部:010-68409198
北京京科印刷有限公司印刷
各地新华书店经销

*

开本:880×1230 1/16 印张:3 字数:83千字
2009年8月第一版 2009年8月第一次印刷

*

书号:135029-5449 定价:22.00元

如有印装差错 由本社发行部调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68406301

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 低压配电系统的电涌保护器的测试方法 6

4.1 SPD 的优选值 6

4.1.1 I 级试验的冲击电流 I_{imp} 优选值 6

4.1.2 II 级试验的标称放电电流 I_n 优选值 6

4.1.3 III 级试验的标称放电电压 U_{oc} 优选值 6

4.1.4 电压保护水平 U_p 的优选值 6

4.1.5 交流有效值或直流的最大持续工作电压 U_c 的优选值 6

4.2 一般要求 6

4.2.1 一般试验程序 7

4.2.2 冲击测试波形 7

4.2.3 用于测量冲击电压和冲击电流的测量设备 8

4.3 用于低压配电系统的电涌保护器 (SPD) 型式试验 8

4.3.1 标识和标志 10

4.3.2 直接接触防护试验 10

4.3.3 接线端子和连接的机械性能试验 11

4.3.4 待机功耗和残流试验 11

4.3.5 确定限制电压 11

4.3.6 动作负载试验 14

4.3.7 SPD 的脱离器和 SPD 过载时的安全性能 16

4.3.8 短路耐受能力 19

4.3.9 在高 (中) 压系统的故障引起的暂态过电压 (TOV) 下试验 20

4.3.10 在低压系统故障引起的 TOV 试验 22

4.3.11 带有软电缆和电线的移动式 SPD 及其连接 23

4.3.12 机械强度试验 24

4.3.13 耐热 25

4.3.14 耐非正常热和耐燃 25

5 用于电信和信号网络的电涌保护器的测试方法 26

5.1 测试条件 26

5.1.1 测试温度和测试湿度 26

5.1.2 一般测试要求 26

5.1.3 波形允许误差 26

5.2 测试方法 26

5.2.1 一般检查 26

5.2.2 绝缘电阻 27

5.2.3	冲击耐受试验	27
5.2.4	冲击限制电压	28
5.2.5	过载故障模式	28
5.2.6	盲点试验	29
5.2.7	电容、电感	29
5.2.8	插入损耗	30
5.2.9	回波损耗	32
5.2.10	误码率(BER)	33
附录 A(资料性附录)	IT 系统所涉及的传输特性	35
A.1	电信系统	35
A.2	信号、测量和控制系统	36
A.3	有线电视系统	37
附录 B(规范性附录)	TOV 值	38

前 言

本标准的附录 B 为规范性附录,附录 A 为规范资料性附录。

本标准由全国气象防灾减灾标准化技术委员会(SAC/TC 345)提出。

本标准由全国气象防灾减灾标准化技术委员会(SAC/TC 345)归口。

本标准主要起草单位:上海市防雷中心、北京雷电防护装置测试中心。

本标准参加起草单位:欧宝电气(深圳)有限公司、四川中光防雷科技有限责任公司。

本标准主要起草人:蔡振新、赵军、赵洋、王建初、王德言、刘福文、侯柳、曹和生、黄晓虹。

电涌保护器测试方法

1 范围

本标准规定了用于低压配电系统的电涌保护器(SPD)和信号网络的电涌保护器(SPD)测试方法。

本标准适用于被组装后连接到交流额定电压不超过 1000 V(有效值)、50/60 Hz 或直流电压不超过 1500 V 的低压配电线路及电信和信号网络的电子、电气设备保护器(SPD)的测试。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。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)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方,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标准。

GB 4208—93 外壳防护等级(IP 代码)

GB/T 14733.7—1993 电信术语 振荡、信号和相关器件

GB 16895.21—2004 建筑物的电气装置 第 4 部分:安全性保护 第 44 章:防过电压保护 第 442 节:防高压系统对地之间故障的低压装置保护

GB 16895.22—2004 建筑物电气装置 第 5—53 部分:电气设备的选择和安装—隔离、开关和控制设备 第 5.3.4 节:过电压保护电器

GB/T 16896.1—2005 高电压冲击测量仪器和软件 第 1 部分:对仪器的要求

GB/T 16927.1—1997 高电压试验技术 第 1 部分:一般试验要求

GB/T 17627.1—1998 低压电器设备的高电压试验技术 第 1 部分:定义和试验要求

GB/T 18015.1—2007 数字通信用对绞或星绞多芯对称电缆 第 1 部分:总规范

GB 18802.1—2002 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

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

IEC60999-1:1999 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:0.2mm² 到 (包括)35mm² 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))

IEC61643-1:2005 低压电涌保护器 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 (Low-voltage surge protective devices—Part 1: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems—Requirements and tests)

IEEE C62.36—2000 使用在低压数据、通信和信号电路中的电涌保护器的测试方法 (Standard test methods for surge protectors used in low-voltage data, communications and signaling circuits)

UL1449 第 3 版 2006—9—29 电涌保护器 (Surge protective devices)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

电涌保护器 surge protective device; SPD

用于限制瞬时过电压和泄放电涌电流的电器,它至少包括一个非线性的元件。

3.2

电压开关型 SPD voltage switching type SPD

没有电涌时具有高阻抗,有电涌时能立即转变成低阻抗的 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(硅可控整流器)和三端双向可控硅开关元件。这类 SPD 有时也称作“短路型 SPD”。

3.3

电压限制型 SPD voltage limiting type SPD

没有电涌时具有高阻抗,但是随着电涌电流和电压的上升,其阻抗将持续地减小的 SPD。常用的非线性元件是:压敏电阻和抑制二极管。这类 SPD 有时也称作“箝位型 SPD”。

3.4

复合型 SPD combination SPD

由电压开关型和电压限制型元件组成的 SPD。其特性随所加电压的特性可表现为电压开关型、电压限制型或者两者皆有。

3.5

标称放电电流 nominal discharge current

$$I_n$$

流过 SPD 具有 8/20 波形的电流峰值,用于Ⅱ级试验的 SPD 分级以及Ⅰ级、Ⅱ级试验的 SPD 的预处理试验。

3.6

冲击电流 impulse current

$$I_{imp}$$

由电流峰值 I_{peak} 、电荷量 Q 和比能量 W/R 确定。其试验应根据动作负载试验的程序进行。这适用于Ⅰ级试验的 SPD 分类试验。10/350 μs 波形是可能实现上述要求的波形之一。

3.7

Ⅱ级试验的最大放电电流 maximum discharge current for class Ⅱ test

$$I_{max}$$

流过 SPD,具有 8/20 波形电流的峰值,其值按Ⅱ级分类试验的程序确定。 $I_{max} > I_n$ 。

3.8

最大持续工作电压 maximum continuous operating voltage

$$U_c$$

允许持久的施加在 SPD 上的最大交流电压有效值或直流电压。其值等于额定电压。

对于用于电信和信号网络的 SPD 其指可连续施加在 SPD 端子上,且不致引起 SPD 传输特性降低的最大电压(直流或均方根值)。

3.9

待机功耗 standby power consumption

$$P_c$$

SPD 按厂商的说明连接,施加平衡电压和平衡相角的最大持续工作电压(U_c)并且不带负载时 SPD 所消耗的功率。

3.10

续流 follow current

$$I_f$$

冲击电流以后,由电源系统流入 SPD 的电流。

3.11

额定负载电流 rated load current

I_L

能对 SPD 保护的输出端连接负载提供的最大持续额定交流电流的有效值或直流电流。

3.12

电压保护水平 protective voltage level

U_p

表征 SPD 限制接线端间电压的性能参数,其值可从优选值的列表中选择。该值应大于限制电压的最高值。

3.13

限制电压 measured limiting voltage

施加规定波形和幅值的冲击电压时,在 SPD 接线端子间测得的最大电压峰值。

3.14

残压 residual voltage

U_{res}

放电电流流过 SPD 时,其端子间的电压峰值。

3.15

暂态过电压特性 temporary overvoltage characteristic

SPD 承受一个暂态过电压(TOV) U_T 至规定持续时间 t_T 时的工作状态。

注:该特性或是能承受一个暂态过电压而不使特性或功能发生不可接受的变化。

3.16

1.2/50 冲击电压 1.2/50 voltage impulse

视在波前时间(从峰值的 10%上升到 90%的时间)为 1.2 μs ,半峰值时间为 50 μs 的冲击电压。

3.17

8/20 冲击电流 8/20 current impulse

视在波前时间为 8 μs ,半峰值时间为 20 μs 的冲击电流。

3.18

复合波 combination wave

由冲击发生器产生,开路时施加 1.2 /50 μs 的冲击电压,短路时施加 8/20 μs 的冲击电流。提供给 SPD 的电压,电流幅值及其波形由冲击发生器和受冲击作用的 SPD 的阻抗而定。开路电压峰值和短路电流峰值之比为 2 Ω ;该比值定义为虚拟阻抗 Z_f 。短路电流用符号 I_{sc} 表示。开路电压用符号 U_{oc} 表示。

3.19

热崩溃 thermal runaway

当 SPD 承受的功率损耗超过外壳和连接件的散热能力,引起内部元件温度逐渐升高,最终导致其损坏的过程。

3.20

热稳定 thermal stability

3.20.1

动作负载试验中的热稳定性 thermal stability in operating duty test

在引起 SPD 温度上升的动作负载试验后,工频电压施加 30 min,在施加 U_c 电压的最后 15 min,如果电流的阻性分量峰值或功耗稳定地降低,则认为 SPD 是热稳定的。

3.20.2

SPD 热稳定性试验中的热稳定性 thermal stability in test of thermal stability of SPDs

在热稳定性试验中指样品表面温度 10 min 内变化小于 2℃。

3.21

劣化 degradation

由于电涌、使用或不利环境的影响造成 SPD 原始性能参数的变化。

3.22

耐受短路电流 short-circuit withstand

SPD 能够承受的最大预期短路电流。

3.23

SPD 脱离器 SPD disconnecter

把 SPD 从电源系统断开内部的和/或外部的装置。

注:这种断开装置不需要具有隔离能力,它防止系统持续故障并用来给出 SPD 故障的指示。除了具有脱离器功能外,还具有其他功能,例如过电流保护功能和热保护功能。这些功能可以组合在一个装置内或由几个装置来完成。

3.24

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

外壳提供的防止触及危险的部件、防止外界固体异物和/或防止水进入壳内的防护程度。

3.25

型式试验 type tests

一种新的 SPD 在设计开发完成时所进行的试验,通常用来确定典型性能,并用来证明它符合有关标准。试验完成后一般不需要再重复进行试验,但当设计改变以致影响其性能时,只需重复做相关项目试验。

3.26

常规试验 routine tests

按要求对每个 SPD 或其部件和材料进行的试验,以保证产品符合设计规范。

3.27

验收试验 acceptance tests

经供需双方协议,对定购的 SPD 或其典型样品所做的试验。

3.28

去耦网络 decoupling network

在 SPD 通电试验时,用来防止电涌能量反馈到电网的装置。有时称“反向滤波器”。

3.29

冲击试验的分类

3.29.1

I 级试验 class I test

按定义的标称放电电流 I_n ,1.2/50 冲击电压和 I 级试验的最大冲击电流 I_{imp} 进行的试验。

3.29.2

II 级试验 class II test

按定义的标称放电电流 I_n ,1.2/50 冲击电压和 II 级试验的最大放电电流 I_{max} 进行的试验。

3.29.3

III 级试验 class III test

按 3.18 定义的复合波(1.2/50,8/20)进行的试验。

3.30

过电流保护 overcurrent protection

位于 SPD 外部的前端,作为电器装置的一部分的过电流装置(如:断路器或熔断器)。

3.31

剩余电流装置 residual current device; RCD

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

3.32

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

在 SPD 的间隙电极之间,发生击穿放电前的最大电压值。

3.33

I 级试验的比能量 specific energy for class I test

W/R

冲击电流 I_{imp} 流过 1Ω 单位电阻时消耗的能量,它等于电流平方对时间的积分。

3.34

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

I_p

在电路中的给定位置,如果用一个阻抗可忽略的导体短路时可能流过的电流。

3.35

额定断开续流值 follow current interrupting rating

I_{fi}

SPD 本身能断开的预期短路电流值。

3.36

残流 residual current

I_{res}

无负载的 SPD 按制造厂的说明连接,始终施加最大持续工作电压(U_c)时,流过 PE 端子的电流。

3.37

状态指示器 status indicator

指示 SPD 工作状态的装置。

3.38

暂态过电压故障性能 TOV failure behavior

连接在相/中性线端子和接地端子之间的 SPD 在 GB 16895.21—2004 中 413 规定的 TOV 条件下的性能。

注:暂态过电压可能超过 SPD 的暂态过电压耐受能力 U_T 。

3.39

系统的标称交流电压 nominal a. c. voltage of the system

U_0

系统标称的相对中性线的电压(交流电压的有效值)。

3.40

电源系统的最大持续工作电压 maximan continuous operating voltage of power supply system;

U_{CS}

SPD 在其使用位置可长期承受的最大交流有效值或直流电压。

注:这里仅考虑电压调整约束和电压跌落和升高。它也被称做“实际最大系统电压”。

3.41

盲点 blind spot

高于最大持续工作电压 U_c ,但可引起 SPD 不完全动作的工作点。这可造成 SPD 中一些元件遭受

过载。

3.42

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—1993 中 06—07,修改]。

3.43

回波损耗 return loss

反射系数倒数的模。一般以分贝(dB)来表示。

3.44

误码率 bit error ratio;BER

在给定时间内,误码数与所传递的总码数之比。

3.45

平衡/不平衡转换器 balun

从平衡到不平衡的阻抗匹配用的变量器。

[GB/T 18015.1—2007 中 2.1.14]

3.46

S 参数 S-parameters

在矢量网络分析仪中描述器件或系统参数的量。S 参数为矢量。对于双端口器件:

S_{11} = 输入端反射系数(输出匹配)

S_{22} = 输出端输出系数(输入匹配)

S_{21} = 正向传输系数(增益/差损)

S_{12} = 反向传输系数(隔离)

4 低压配电系统的电涌保护器的测试方法

4.1 SPD 的优选值

4.1.1 I 级试验的冲击电流 I_{imp} 优选值

峰值 I_{peak} /kA:1.0、2.5、10、12.5 和 20。

电荷量 Q /As:0.5、1、2.5、5、6.25 和 10。

4.1.2 II 级试验的标称放电电流 I_n 优选值

I_n /kA:0.05、0.1、0.25、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、5.0、10、15、20、40 和 60。

4.1.3 III 级试验的标称放电电压 U_{oc} 优选值

U_{oc} /kV:0.1、0.2、0.5、1、2、3、4、5、6、10 和 20。

4.1.4 电压保护水平 U_p 的优选值

U_p /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、2.0、2.5、3.0、4.0、5.0、6.0、8.0 和 10。

4.1.5 交流有效值或直流的最大持续工作电压 U_c 的优选值

U_c /V:52、63、75、95、110、130、150、175、220、230、240、250、260、275、280、320、385、420、440、460、510、530、600、630、690、800、900、1 000 和 1 500。

4.2 一般要求

每个试验项目用三个样品进行。

如果所有的样品通过试验项目,那么该 SPD 对这个项目是合格的。

如果有一个样品没有通过试验项目,应用三个新的样品重复进行试验,如失败则判定该产品不符合

本标准的要求。

如果 SPD 是某一个产品中的一个独立组成部分,而产品符合其他国家标准,则该国家标准的要求适用于产品中不属于 SPD 的那些部分。

4.2.1 一般试验程序

试验程序应按 GB/T 17627.1—1998。

按照厂商所提供安装程序和电气连接对 SPD 进行安装。应不采用外部冷却或加热。

除非另有规定,所有试验在大气环境中进行,环境温度为 20℃±15℃。

除非另有规定,对所有试验中要求的电源电压 U_c ,它的试验电压公差为 $U_c-5\%$ 。

对于把电缆作为整体供货的 SPD,在测试时整个长度的线缆应作为测试 SPD 的一个部分。

试验期间不得对被测样品进行维护或拆卸。

如果制造商对 SPD 的参数有与规定不同的要求,可以根据其具体要求进行所有相关的试验程序。最终应在试验报告中注明对标准偏离的具体情况。

4.2.2 冲击测试波形

4.2.2.1 I 级冲击电流试验

冲击试验电流 I_{imp} 由其峰值 I_{peak} 和电荷量 Q 和比能量 W/R 来确定。冲击试验电流的 I_{peak} 应在 50μs 内达到,电荷量 Q 转移应在 10ms 内完成,比能量 W/R 应在 10ms 内释放。

I_{peak} (kA)、 Q (As)和 W/R (kJ/Ω)的关系为:

$$Q = I_{peak} \times a \quad \text{其中 } a = 5 \times 10^{-4} \text{ s} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$W/R = I_{peak}^2 \times b \quad \text{其中 } b = 2.5 \times 10^{-4} \text{ s} \quad \dots\dots\dots(2)$$

电流峰值 I_{imp} 、电荷量 Q 和比能量 W/R 的允许误差是:

I_{peak} : ±10%

Q : ±20%

W/R : ±35%

注:冲击试验符合上述参数的可能方法之一是 IEC61312-1 中的 10/350 波形。

4.2.2.2 I 级和 II 级标称放电电流试验

标准电流波形是 8/20 μs。电流波形的允许误差如下:

峰值: ±10%

波前时间: ±20%

半峰值时间: ±20%

测试过程中允许冲击波上有小过冲或振荡,但其幅值应不大于峰值的 5%。在电流下降到零后的任何极性反向的电流值应不大于峰值的 20%。

流过 SPD 电流的测量精度要求为±3%。

4.2.2.3 I 级和 II 级冲击电压试验

标准电压波形是 1.2/50μs。电压波形的允许误差如下:

峰值: ±3%

波前时间: ±30%

半峰值时间: ±20%

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

冲击电压上升部分的振幅不允许超过峰值的 3%。

在 SPD 接线端子上测量电压的精度应为±3%。测量设备整个带宽至少应为 25 MHz,并且过冲应小于 3%。试验发生器的短路电流应小于 20%的标称放电电流 I_n 。但对于电压开关型的 SPD 在试验时应确保其导通。

4.2.2.4 Ⅲ级复合波试验

复合波发生器的标准冲击波的特征用开路条件下的输出电压和短路条件下的输出电流来表示。开路电压的波前时间为 $1.2\ \mu\text{s}$,至半峰时间为 $50\ \mu\text{s}$ 。短路电流的波前时间为 $8\ \mu\text{s}$,至半峰时间为 $20\ \mu\text{s}$ 。

在发生器没有去耦网络时测量下列值。

开路 U_{oc} 的允许误差如下:

峰值: $\pm 3\%$;

波前时间: $\pm 30\%$;

半峰值时间: $\pm 20\%$ 。

只要单个波峰幅值小于峰值的 5% ,允许在临近峰值处有电压过冲或振荡。

短路电流允许的误差如下:

峰值: $\pm 10\%$;

波前时间: $\pm 20\%$;

半峰值时间: $\pm 20\%$ 。

只要单个波峰幅值小于峰值的 5% ,允许在临近峰值处有电压过冲或振荡。在电流下降到零后的任何极性反向的电流应小于峰值的 20% 。

4.2.3 用于测量冲击电压和冲击电流的测量设备

4.2.3.1 示波器

4.2.3.1.1 示波器单脉冲带宽不应小于 $100\ \text{MHz}$ 。如果是数字型存储示波器应能够完整显示 SPD 对电涌的响应,其典型的采样率不应小于 $10\ \text{Ms/s}$ 。另外,其各个通道应有 $1\ \text{M}\Omega$ 输入阻抗(另有可选的 $50\ \Omega$)并且有能力进行差分测量。

4.2.3.1.2 所有的测量工作都应通过示波器进行差分测量。(例如:如果通道 1 被连接至相线端子同时通道 2 被连接至中性线端子,通道 1 应被设置为正常模式而通道 2 被设置为反向。差分模式将这两个通道相加来显示这两线之间的测量值。)

4.2.3.1.3 示波器的垂直通道应设置为 dc 耦合。

4.2.3.1.4 示波器外壳应通过电源插头或附加的插头进行接地。

4.2.3.1.5 示波器应被设置为显示真实的波形,而不是被设置为使用高频滤波或平滑模式来进行测量。

4.2.3.2 高电压探头

4.2.3.2.1 为了确定测量限制电压,应使用两个差分连接的电压探头。判断性能的原则为:确定使用的探头的额定峰值输入电压为 $20\ \text{kV}$,带宽 $10\ \text{MHz}$,输入阻抗为 $100\ \text{M}\Omega$,输入电容为 $3\ \text{pF}$,衰减为 $1000:1$ 。

4.2.3.2.2 每一个高压探头都应按照制造商的规范针对通道进行补偿。

4.2.3.2.3 探头的接地极应移除或者连接在一起,但是不要连至被测样品或者测试装置的其他部位。

4.2.3.2.4 连接被测 SPD 和示波器的两根探头电缆应绞合来减小回路面积。

4.2.3.2.5 两个探头在被连接至被测样品后,放置位置应尽可能接近并垂直于电流方向。

4.2.3.2.6 不要对探头做其他额外修整,更不要通过导线将探头连接至被测样品。

4.2.3.3 电流监视器

4.2.3.3.1 应使用具有适当峰值和电流一时间特性的电流监视器来测量测试电流。

4.2.3.3.2 使用的电流探头上升时间不应超过 $800\ \text{ns}$ 。

4.2.3.3.3 电流探头的凋萎系数应小于 $0.01\%/ \mu\text{s}$ 。

4.2.3.3.4 被使用的电流探头额定终端阻抗应是 $1\ \text{M}\Omega$ 或 $50\ \Omega$ 。

4.2.3.3.5 电流探头不论使用还是不使用衰减器其最大允许误差为 $\pm 1\%$ 。

4.3 用于低压配电系统的电涌保护器 (SPD) 型式试验

表 1 为适用于 SPD 的型式试验的要求。

表 1 适用于 SPD 的型式试验要求

试验系列	试验项目	分条款	易触及						不易触及		
			固定式			移动式			固定式		
			试验级别								
			I	Ⅱ	Ⅲ	I	Ⅱ	Ⅲ	I	Ⅱ	Ⅲ
1	标识和标志	4.3.1	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	接线端子和连接	4.3.2	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	防直接接触试验	4.3.3	Y	Y	Y	Y	Y	Y	—	—	—
	待机功耗和残流	4.3.4	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
2	保护水平	4.3.5									
	确定开关元件存在	4.3.5.1	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	残压	4.3.5.2	Y	Y	—	Y	Y	—	Y	Y	—
	放电电压	4.3.5.3	Y	Y	—	Y	Y	—	Y	Y	—
	用复合波测限制电压	4.3.5.4	—	—	Y	—	—	Y	—	—	Y
3	确定续流大小	4.3.6.2	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	动作负载试验	4.3.6									
	预处理试验	4.3.6.4	Y	Y	—	Y	Y	—	Y	Y	—
	I级和Ⅱ级动作负载试验	4.3.6.5	Y	Y	—	Y	Y	—	Y	Y	—
	Ⅲ级动作负载试验	4.3.6.7	—	—	Y	—	—	Y	—	—	Y
5	热稳定性试验	4.3.7.1、4.3.7.2	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6	短路电流耐受能力试验	4.3.8	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
7	TOV 试验	4.3.9	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	TOV 试验	4.3.10	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
8	软电缆和电线连接	4.3.11	—	—	—	Y	Y	Y	—	—	—
	机械强度	4.3.12.1	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	机械强度	4.3.12.1	—	—	—	Y	Y	Y	—	—	—
	绝缘电阻	^a	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	介电性能	^a	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	环境,IP 等级	^a	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	耐热试验	4.3.13	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	电气间隙和爬电距离	^a	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	耐非正常热和火	4.3.14	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	耐漏电起痕	^a	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
9	二端口 SPD 及输入/输出端分开一端口 SPD 的附加试验(适用时)	^b	—	—	—	—	—	—	—	—	—
^a 按 GB/18802.1—2002 中 7.9 对 SPD 进行测试。											
^b 按 GB/18802.1—2002 中 7.8 对 SPD 进行测试。											

4.3.1 标识和标志

4.3.1.1 标识和标志的检验

4.3.1.1.1 制造商应保证下列标识位于 SPD 本体上。

标识包括：

- a) 制造厂名或商标和型号；
- b) 最大持续工作电压 U_c (每种保护模式有一个电压值)；
- c) 制造厂声明的每种保护模式的试验类别和放电参数，包括：
 - I 级试验：“I 级试验”和“ I_{imp} ”及以 kA 为单位数值，或者“T1”(在方框内的 T1)和“ I_{imp} ”及以 kA 为单位数值；
 - II 级试验：“II 级试验”和“ I_{max} ”及以 kA 为单位数值，或者“T2”(在方框内 T2)和“ I_{max} ”及以 kA 为单位数值；
 - III 级试验：“III 级试验”和“ U_{oc} ”及以 kV 为单位数值，或者“T3”(在方框内 T3)和“ U_{oc} ”及以 kV 为单位数值。
- d) I 级和 II 级的标称放电电流 I_n (每种保护模式有一个电流值)；
- e) 电压保护水平 U_p (每种保护模式有一个电压值)；
- f) 外壳防护等级 (当 $IP > 20$ 时)；
- g) 接线端的标志 (如果需要)；
- h) 电流类型：交流或直流，或二者都行。

4.3.1.1.2 制造商应在随 SPD 的文件 (例如使用说明) 中注明下列标识：

- a) 安装位置类别；
- b) 端口数量；
- c) 安装方法；
- d) 额定负载电流 I_L (如果需要)；
- e) 短路电流耐受能力；
- f) 过电流保护推荐的最大额定值 (如果适用时)；
- g) 脱离器动作指示 (如果有的话)；
- h) 正常使用的位置 (如果重要时)；
- i) 安装说明 (例如：连接至低压系统、机械尺寸、导线长度等等)；
- j) 仅用于 I 级试验的比能量 W/R ；
- k) 温度范围；
- l) 额定断开续流值 (除电压限制型 SPD 外)；
- m) SPD 生产厂推荐使用外部脱离器的指标 (如果适用时)；
- n) 残流 I_{res} (可选的)；
- o) 暂态过电压 (TOV) 特性

4.3.1.2 标识和标志的耐久性试验

除了用压印、模压和雕刻方法制造外，应对位于 SPD 本体上的所有形式的标志进行本试验。

试验时，用手拿一块浸湿水的棉花来回擦标识 15 s (不少于 30 次)，接着再用一块浸湿脂族己烷溶剂 (芳香剂的容积含量最多为 0.1%，贝壳松脂丁醇值为 29，初沸点近似为 65℃，比重为 0.68 g/m³) 的棉花来回擦标识 15 s (不少于 30 次)。

试验后标识应清晰可见。

4.3.2 直接接触防护试验

4.3.2.1 绝缘部件

样品按正常使用条件安装，并按 GB18802.1—2002 中 7.3.1 规定分别进行最小截面积的导体进行

试验和最大截面积的导体重复试验。

标准试指按 GB/T 4208—1993 放在每个可能接触到的位置。

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

使用一个电压不低于 40 V 和不高于 50 V 的电气指示器来显示与有关部件接触。

4.3.2.2 金属部件

当 SPD 按正常使用条件接线和安装后,易触及的金属零件必须通过一个低阻抗的连接件与地相连,除了用于固定基座和盖或插座盖板并与带电部件绝缘的小螺钉和类似零件。

在交流电源的空载电压不超过 12 V 时,依次在接地端子和每个易触及的金属部件之间通以 1.5 倍额定负载电流或 25 A 的电流,选取两者中大者。

测量接地端子和易触及的金属部件之间的电压降,并根据电流和电压降计算电阻。

电阻不应超过 0.05Ω

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

4.3.3 接线端子和连接的机械性能试验

按 GB/18802.1—2002 中 7.3 和 IEC60999-1: 1999 对 SPD 进行测试。为保证样品不过载损坏在使用扭力螺丝刀或扭力扳手时应优先使用过载打滑而不是过载报警型。

SPD 的接线端子除了满足上述要求外,其连接能力还应满足表 2 要求。

表 2 各种 SPD 所能连接导线最小截面 单位为平方毫米

SPD 试验类型	连接导体的材质		
	铜	铁	铝
I 级	6	8	16
II 级	4	6	14
III 级	1.5	3	8
注:如无相应规格的导线,最小截面应大于表内的尺寸。铜导线系列优选值见 QX10.1 的表 7。			

4.3.4 待机功耗和残流试验

SPD 按制造厂的说明连接到最大持续工作电压(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. 如果制造厂允许 SPD 安装有几种配置,本试验应对每种配置进行。
- 2. 应测量真有效值电流。

4.3.5 确定限制电压

试验时,采用下列特定试验条件:

- a) 所有一端口的 SPD 应不通电试验。所有二端口的 SPD 是通电试验,其电源电压在 U_c 时的标称电流至少 5A,除非制造厂能证明在电涌保护器(SPD)通电或不通电时,其限制电压值没有差别。
- b) 对于只有接线端的一端口 SPD,进行试验时不外接脱离器,并在端子上测量限制电压。对于具有连接导线的一端口 SPD,用 150 mm 长度的外接导线测量限制电压。对于二端口的 SPD 和具有单独负载接线端子的一端口的 SPD,在 SPD 的负载端口或负载接线端子测量限制电压。试验应包含所有和 SPD 串联及与负载并联的辅助部件,如脱离器、灯、指示器、熔断器和 SPD 制造厂说明的其他部件。
- c) 限制电压是按表 3 和图 1 相应的试验级别进行试验的最高电压值。

表 3 确定测量限制电压需进行的试验

	I 级	Ⅱ 级	Ⅲ 级
4.3.5.2 试验	√	√	√
4.3.5.3 试验	√ ^a	√ ^a	
4.3.5.4 试验			√

^a 按 4.3.5.1 仅对电压开关型 SPD 进行试验。

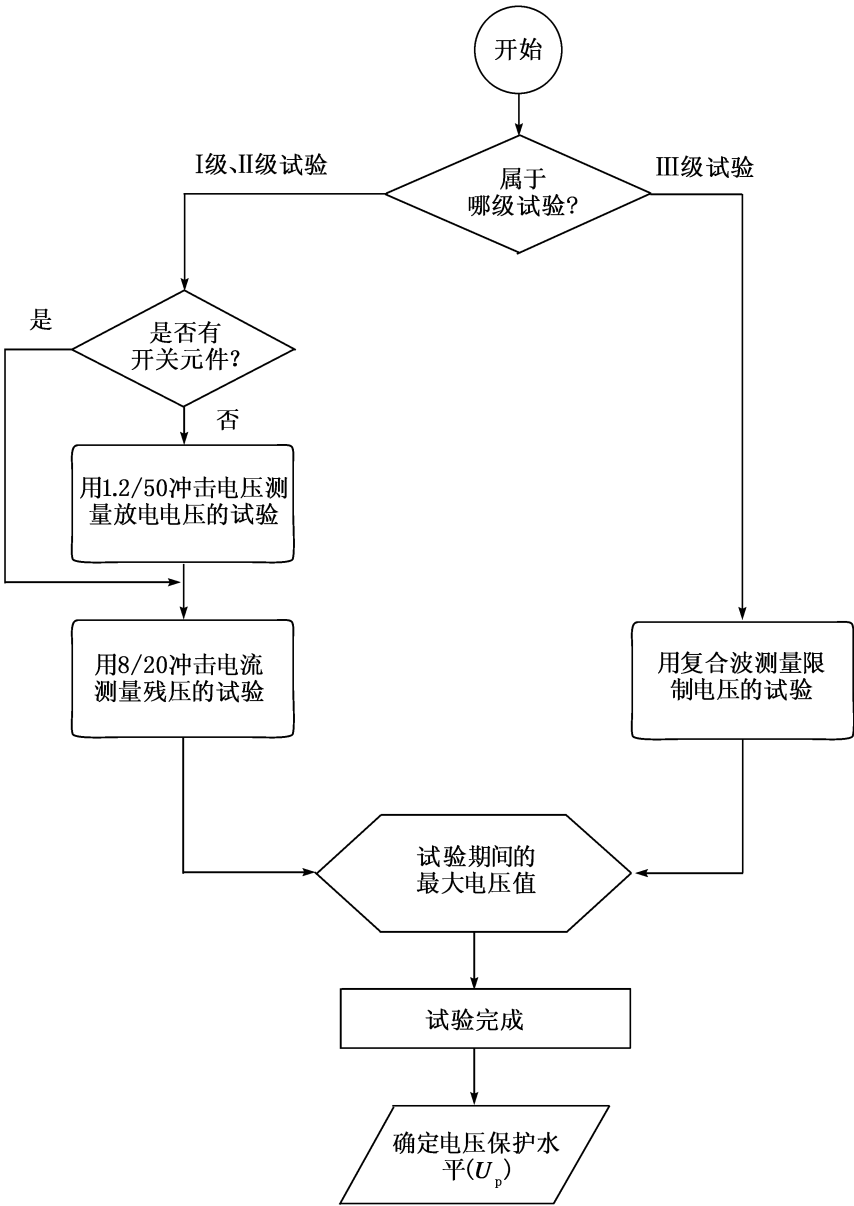


图 1 确定电压保护水平 U_p 流程图

4.3.5.1 确定在 SPD 中存在开关(短路)元件的试验程序

未知 SPD 的内部设计时,应进行这项试验。仅对这项试验,应使用一个新的试品。
SPD 的 I 级试验和 Ⅱ 级试验,采用 8/20 标准冲击电流,幅值为制造厂规定的 I_{max} 或 I_{peak} 。SPD 的 Ⅲ

级试验,采用复合波发生器,开路电压等于制造厂规定的 U_{oc} 。

对 SPD 施加一次冲击(如果是二端口 SPD,应对它的输入和输出接线端子施加冲击)。

应记录 SPD 上的电压示波图(如果是二端口 SPD,应测量 SPD 输入接线端子间的电压)。

如果记录的电压波形显示出突然下降,则认为 SPD 包含开关(短路)元件。

4.3.5.2 用 1.2/50 冲击电压测量放电电压

4.3.5.2.1 冲击耐压(1.2/50 μ s),发生器开路输出电压设定为 6 kV。

4.3.5.2.2 试验次数:正、负极性各 5 次,使样品冷却至环境温度。

4.3.5.2.3 如果 10 次试验中有观察到没有放电,则将发生器开路输出电压设定为 10kV,并重复试验步骤 4.3.3.2.1 和 4.3.5.2.2。

4.3.5.2.4 用示波器记录 SPD 上的电压。

4.3.5.2.5 测得的限制电压是整个试验程序中的最大放电电压。

4.3.5.3 用 8/20 冲击电流测量残压

4.3.5.3.1 依次施加峰值约为 $0.1I_n$; $0.2I_n$; $0.5I_n$; $1.0I_n$ 的 8/20 冲击电流。如果 SPD 仅包含电压限制元件,仅在 I_n 下进行本试验。对于包含电压开关元件的 SPD 的试验,发生器的输出电压上升速率宜控制在 $10\text{kV}/\mu\text{s}$ 内。

4.3.5.3.2 对 SPD 施加一个正极性和一个负极性序列。

4.3.5.3.3 最后,如果 $I_{\max}$ 或 I_{peak} 大于 I_n ,则至少对 SPD 施加一次 $I_{\max}$ 或 I_{peak} 冲击电流,极性为 4.3.5.3.2 中残压较大的极性。

4.3.5.3.4 使样品冷却至环境温度。每次冲击应记录电流和电压示波图。对于电压开关型 SPD,应记录放电电流流过 SPD 时,其端子间测得的最大电压峰值。把冲击电流和电压的峰值(绝对值)绘成放电电流与残压的关系曲线图,应画出最吻合数据点的曲线。曲线上应有足够的点,以确保直至 $I_{\max}$ 或 I_{peak} 的曲线没有明显的偏差。

4.3.5.3.5 决定限制电压的残压由下列电流范围内相应曲线的最高电压值来确定:

—— I 级:直到 I_{peak} 或 I_n ,取较大值。

—— II 级:直到 I_n 。

4.3.5.3.6 试验时,样品脱离器不应动作;试验后样品外壳不得有任何形式的损坏。

4.3.5.4 用复合波测量限制电压

电路连接见图 2。

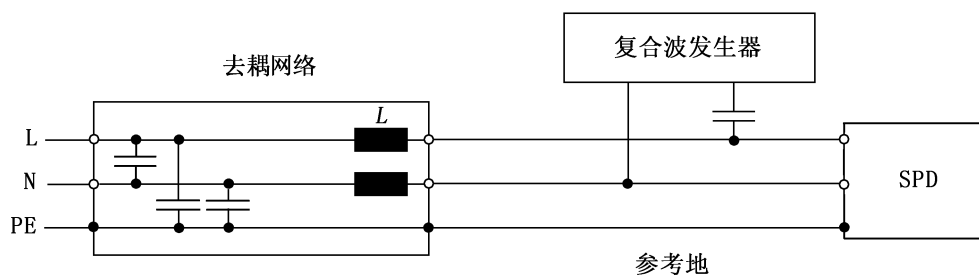


图 2 单项电源系统连接去耦网络的电路

4.3.5.4.1 复合波施加在通电的 SPD 上,其电源电压为 U_c 。

4.3.5.4.2 对用于交流电源系统的 SPD,在正弦电压的 $90^\circ \pm 10^\circ$ 相位处施加正极性冲击,在 $270^\circ \pm 10^\circ$ 相位处施加负极性冲击。

4.3.5.4.3 对用于直流系统的 SPD,施加正、负极性冲击。SPD 应施加 U_c 的直流电压。

4.3.5.4.4 使样品冷却至环境温度。

- 4.3.5.4.5 复合波发生器的电压为制造厂对 SPD 规定 U_{oc} 的 0.1、0.2、0.5 和 1.0 倍。如果 SPD 仅包含电压限制元件,仅在 U_{oc} 下进行本试验。
- 4.3.5.4.6 上述整定值,每种幅值对 SPD 施加 4 次冲击,正负极性各 2 次。
- 4.3.5.4.7 每次冲击时用示波器记录从发生器流入 SPD 的电流和在 SPD 输出端口的电压。
- 4.3.5.4.8 限制电压是整个试验程序中记录的最大峰值电压。

试验时样品脱离器不应动作;试验后样品外壳不得有任何形式的损坏。

4.3.6 动作负载试验

这些试验仅适用于交流 SPD,动作负载试验的流程见图 3。

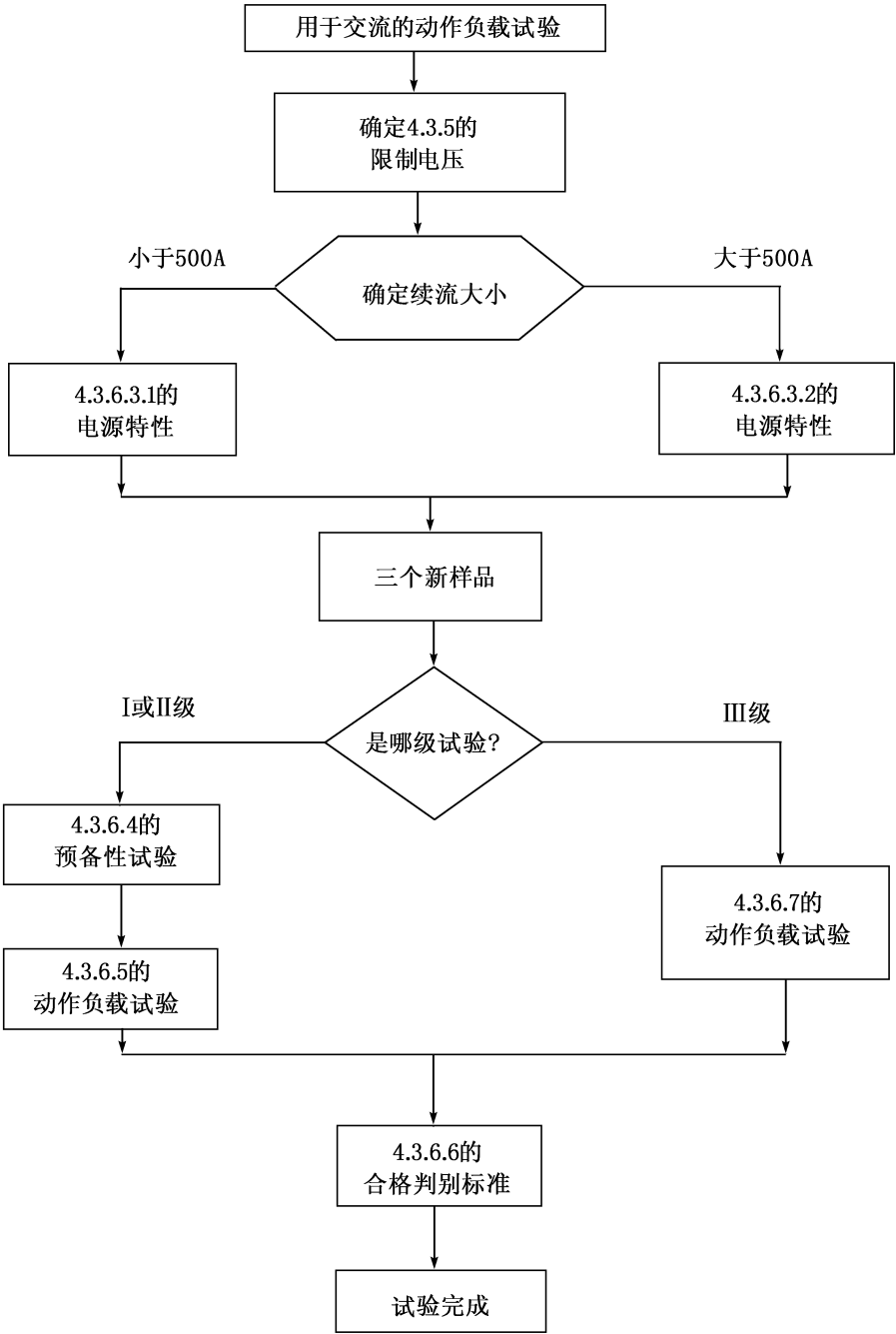


图 3 动作负载试验的流程图

4.3.6.1 一般要求

本试验是通过对 SPD 施加规定次数和规定波形的冲击来模拟其工作条件,试验时用符合 4.3.6.3 要求的交流电源对 SPD 施加最大持续工作电压 U_c 。

试验应在三个未做过任何试验的新的样品上进行。

首先,应用 4.3.5 的试验确定限制电压。为了避免样品的过载,4.3.5.3 的试验仅在 I_n 下进行,

4.3.5.4 的试验仅在 U_{oc} 下进行。

4.3.6.2 确定续流大小的预备性试验

预备性试验是用来确定续流的峰值是大于还是小于 500 A。

如果知道 SPD 的内部设计和续流的峰值,不需要进行预备性试验。

4.3.6.2.1 试验应用另外一个样品进行。

4.3.6.2.2 预期短路电流 I_p 应大于等于 1.5 kA,功率因数 $\cos \varphi=0.95_{-0.05}^0$ 。

4.3.6.2.3 样品被连接到一个具有正弦交流电压的工频电源。在接线端子间测量工频电压的最大值,应等于持续最大工作电压 U_c $_{-5}^0$ %。交流电源的频率应符合 SPD 的额定频率。

4.3.6.2.4 应用 8/20 冲击电流或复合波触发续流。

4.3.6.2.5 峰值应相当于 I_{max} 或 I_{peak} 或 U_{oc} 。

4.3.6.2.6 冲击电流的起始位置是在工频电压峰值前 60° 。它的极性应与冲击电流产生时工频电压半波的极性相同。

4.3.6.2.7 如果在此同步点没有续流,为了确定续流是否产生,则必须每滞后 10° 施加 8/20 冲击电流,以确定是否产生续流。

4.3.6.3 预处理工频电源特性

4.3.6.3.1 续流小于 500 A 的 SPD

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

4.3.6.3.2 续流大于 500 A 的 SPD

样品应与工频电压为 U_c 的电路连接,试验电路的预期短路电流应等于制造厂规定的额定断开续流值或 500A,取二者中较大值。

对于仅连接在中性线和保护接地间的 SPD,预期短路电流至少为 100 A。

4.3.6.4 I 级和 II 级的预处理试验

对本试验,施加 15 次 8/20 正极性的冲击电流,分成三组,每组五次冲击。样品满足 4.3.6 要求的电源连接。每次冲击应与电源频率同步。从 0° 角开始,同步角应以 $30^\circ \pm 5^\circ$ 的间隔逐级增加。试验如图 4 所示。

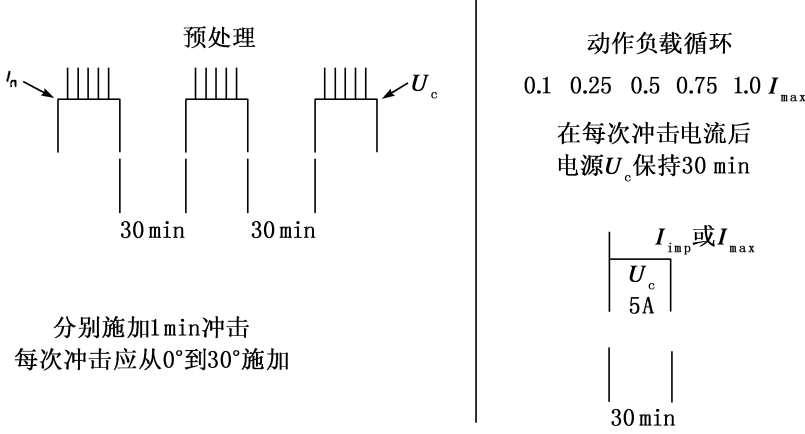


图 4 预处理和动作负载循环试验程序

当 SPD 按 I 级试验时,施加的冲击电流值等于 I_{peak} 或 I_n ,取二者中较大值。

当 SPD 按 II 级试验时,施加的冲击电流值等于 I_n 。

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。

两组冲击之间,样品无需施加电压。

每次冲击应记录电压和电流波形,电压和电流波形不应显示样品有击穿或闪络的迹象。

4.3.6.5 I 级和 II 级的动作负载试验

SPD 施加电压 U_c ,电源的标称电流容量至少为 5 A。试验时,对 SPD 通以冲击电流,逐级增加直至 I_{peak} 或 I_{max} 。

为证明热稳定,每次冲击后工频电压保持 30 min;在施加 U_c 电压的最后 15 min,如果电流 I_c 的阻性分量峰值或功耗稳定地降低,则认为 SPD 是热稳定的。

对通电的样品,应按下列要求在相应于工频电压的正峰值时,施加正极性的冲击电流:

- 用 $0.1I_{\text{peak}}$ (或 I_{max}) 电流冲击一次;检查热稳定性;冷却至环境温度。
- 用 $0.25I_{\text{peak}}$ (或 I_{max}) 电流冲击一次;检查热稳定性;冷却至环境温度。
- 用 $0.5I_{\text{peak}}$ (或 I_{max}) 电流冲击一次;检查热稳定性;冷却至环境温度。
- 用 $0.75I_{\text{peak}}$ (或 I_{max}) 电流冲击一次;检查热稳定性;冷却至环境温度。
- 用 $1.0I_{\text{peak}}$ (或 I_{max}) 电流冲击一次;检查热稳定性;冷却至环境温度。

4.3.6.6 合格判定

如果每次动作负载试验冲击后任何续流能自熄并达到热稳定,则 SPD 通过试验。电压和电流示波图及目测检查样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。

用标称电流能力至少为 5 A 的、电压为 U_c 的电源供电,对 SPD 应再施加一次 I_n 或 U_{oc} 的冲击,在冲击后,保持 U_c 30 min。SPD 应达到热稳定。

一旦达到热稳定,进行下列之一测试:

- 测量流过样品的电流,在正弦波的峰值处测量其阻性分量不应超过 1 mA;
- 或待机功耗增加不应超过 4.3.3 测量值的 20%。

在这整个试验程序后以及样品冷却到接近环境温度以后,应重复试验程序开始时所进行的测量限制电压试验。如果试验前和试验后所测量的电压值小于或等于 U_p ,则 SPD 通过试验。

4.3.6.7 III 级动作负载试验

对于 III 级 SPD 的动作负载试验,采用 4.3.6.3 的工频电源电压。

SPD 通过耦合电容器连接到复合波发生器。SPD 连接点处的参数应符合 4.2.4 所示的波形参数的误差。

按 5.3.4 的试验程序,对 SPD 进行预处理试验。对本试验,标称放电电流用 U_{oc} 值替代。

冲击电流应在对应半波的峰值时开始,并和工频电压相同极性。

按 5.4.5 用复合波发生器进行动作负载试验,发生器开路电压整定值如下:

- 用 $0.1U_{oc}$ 进行一正一负的冲击;检查热稳定性;冷却至环境温度。
- 用 $0.25U_{oc}$ 进行一正一负的冲击;检查热稳定性;冷却至环境温度。
- 用 $0.50U_{oc}$ 进行一正一负的冲击;检查热稳定性;冷却至环境温度。
- 用 $0.75U_{oc}$ 进行一正一负的冲击;检查热稳定性;冷却至环境温度。
- 用 $1.0U_{oc}$ 进行一正一负的冲击;检查热稳定性;冷却至环境温度。

如果满足 4.3.6.6 的合格标准,则 SPD 已通过试验。

4.3.7 SPD 的脱离器和 SPD 过载时的安全性能

4.3.7.1 一般要求

这些试验仅适用于在交流电源系统使用的 SPD。

这些试验应在每个 SPD 上进行。对 SPD 的每种保护模式进行试验,每次使用新的样品。

4.3.7.2 SPD 脱离器的耐受动作负载试验

按 4.3.6 开展 SPD 脱离器动作负载试验。试验时,制造厂规定的脱离器不应动作;试验后,脱离器应处在正常工作状态。

4.3.7.3 SPD 的热稳定试验

4.3.7.3.1 耐热试验

SPD 在环境温度为 $80^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的加热箱中保持 24 h。试验时,SPD 的内部脱离器不应动作。

4.3.7.3.2 热稳定试验

SPD 的热稳定试验的流程见图 5。

仅包含电压开关型元件的 SPD 不进行本试验。

4.3.7.3.2.1 试验要求

本试验应在每个保护模式上进行,然后,如果某些保护模式具有相同的电路,可以在代表最薄弱配置的保护模式上进行一个单独的试验。本试验程序有两种不同的设计:

- 仅包括电压限制的元件的 SPD。在这种情况下,采用下列本条款项 a) 的试验程序;
- SPD 包括电压限制的元件和电压开关元件。这种情况下列本条款项 b) 的试验程序适用。

4.3.7.3.2.2 样品准备

任何与电压限制元件串联连接的电压开路元件应采用一根铜线短路,铜线的直径应使其在试验时不熔化。

具有不同的非线性元件并联连接的 SPD,必须对 SPD 的每个电流路径进行试验,试验时拆开/断开其余的电流路径。如果相同型式和参数的元件并联连接,它们应作为一个电流路径进行试验。

a) 没有开关元件与其他元件串联的 SPD 的试验程序

试验样品应连接到工频电源。

电源电压应足够高使 SPD 有电流流过。对于该试验,电流调整到一个恒定值。试验电流的误差为 $\pm 10\%$ 。试验从 2 mA 的有效值开始。

电流逐级增加:2 mA,5 mA,10 mA,20 mA,40 mA,80 mA,160 mA,320 mA,640 mA,1000 mA (有效值)。

如果已知,起始点可从 2 mA 变化到相应于元件最大功耗的电流。

每一步保持到达到热平衡状态(即 10 min 内温度变化小于 2°C)。

通过预测试确定温度最高点位置,为了方便操作测试时可以使用非接触式温度测量仪。预测是的时间可选为 10 min,电流可选为 20 mA。

连续监测易触及 SPD 的表面温度最热点应使用 0.05 mm^2 铁和铜镍合金线组成的热电偶及电位计。热电偶的结点及之后的电偶引线应被固定成可以很好的接触被测量的 SPD 表面。可以使用安全胶布或通过胶黏把热电偶固定在需要的位置。金属表面可以使用铜焊或锡焊。

当所有的非线性元件断开时应终止试验。

当 SPD 端子间的电压跌到低于 U_c 时应停止调节电流,电压调节回 U_c 并保持 15 min。电源应具有短路电流能力,在任何脱离器动作前它不会限制电流。最大可达到的电流值不应超过制造声明的短路耐受能力。

b) 有开关元件与其他元件串联的 SPD 的试验程序

SPD 采用电压为 U_c 的工频电源供电,电源应具有短路电流能力,在任何脱离器动作前它不会限制电流。最大可达到的电流值不应超过制造厂声明的短路耐受能力。

如果没有明显的电流流过,应接着进行 a) 试验程序。

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

4.3.7.3.2.3 合格判别标准

如果脱离器动作,SPD 应有明显的、有效和永久断开的迹象。为了验证该要求,应采用等于 U_c 的

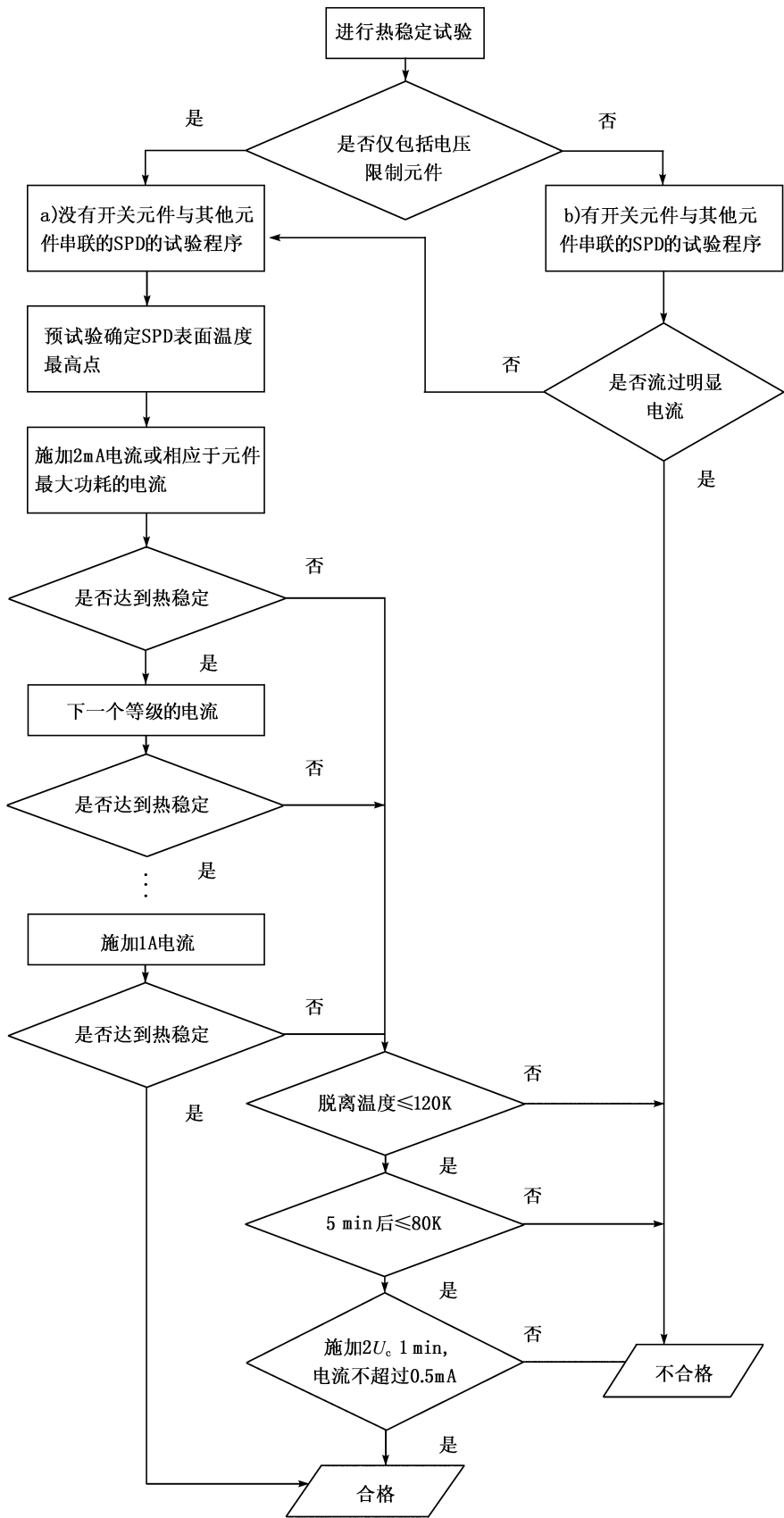


图 5 SPD 的热稳定试验的流程图

工频电压施加 1 min,流过的电流不应超过 0.5 mA(有效值)对于多个非线性原件并联,并且每一个原件都有一个独立脱离器的产品,应在所有脱离器都动作后进行验证。

户内型 SPD:

试验时表面温升应小于 120℃。在脱离器动作 5 min 后,表面温度不应超过周围环境温度 80℃。在试验过程中,应没有固体材料喷溅。

户外型 SPD:

应没有燃烧的迹象和固体材料喷溅。

易触及的 SPD:

试验后,对防护等级大于或等于 IP20 的 SPD,使用标准试指施加 5N 的力(见 GB 4208—1993)不应触及带电部件,除了 SPD 按正常使用安装后在试验前已可触及的带电部分外。

4.3.8 短路耐受能力

本试验不适用于下列 SPD:

- 分类为户外使用,并且安装在难以触及位置的 SPD;
- 在 TN 和/或 TT 系统中仅用于连接 N—PE 的 SPD。

4.3.8.1 试验要求

工频电源特性由制造厂按表 4 给定 SPD 接线端子上的预期短路电流和功率因数。试验电压调整到 U_c 。

表 4 预期短路电流和功率因数

$I_p^{+5}_{-0} \%/kA$	$\cos \varphi_{-0.05}^0$
$I_p \leq 1.5$	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:恢复电压依照 GB/T 14048.1。	

SPD 本身及其脱离器应放在一个立方体木盒内,木盒侧面离 SPD 外表面(500±5) mm,SPD 摆放在盒的重心处。盒的内表面用薄纸或纱布覆盖。盒的一面(不是底面)保持打开,以便能按制造厂的说明连接电源电缆。

- 注 1:薄纸:薄、软和有一定强度的纸,一般用于包裹易碎的物品,其重量在 12 g/m²~25 g/m²。
注 2:纱布:重约 29 g/m²~30 g/m²,并且每平方厘米有 13×11 条编织物。

试验样品应按制造厂出版的说明书安装,并按 4.2 中内容规定的最大截面积的导线,在盒内的电缆保留的最大长度为每根 0.5 m。

4.3.8.2 样品准备

具有并联连接的非线性元件并包含一个或多个 3.2 和 3.3 所述的非线性元件的 SPD,对每个电流路径应按下述的方式分别准备三个一组的样品。

在 3.2 和 3.3 中所述的电压限制元件和电压开关元件应采用适当的铜块(模拟替代物)来代替,以确保内部连接,连接的截面和周围的材料(例如,树脂)以及包装不变。

4.3.8.3 试验程序

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

a)声明的短路耐受能力试验

样品连接至具有符合标称短路耐受能力的预期短路电流及符合表 4 的功率因数、电压为 U_c 的工频电源。

在电压过零后的 45° 电角度和 90° 电角度处接通短路进行两次试验。如果可更换的或可重新设定的内部或外部的脱离器动作,每次应更换或重新设定相应的脱离器。如果脱离器不能更换或重新设定,则试验停止。

b)低短路电流试验

应施加具有最大过电流保护(如果制造厂声明)额定电流五倍的预期短路电流及符合表 4 功率因数的工频电源电压 U_c 5 s $\pm$ 0.5 s。如果制造厂没有要求外部过电流保护,采用 300 A 的预期短路电流。在电压过零后 45° 电角度处接通短路进行一次试验。

4.3.8.4 合格判别标准

在上述两个短路试验期间,薄纸或纱布不应燃烧。

此外,在短路耐受能力试验时,电源短路电流应由制造厂所要求的一个内部的或外部的脱离器断开。

其他的 IEC 标准不包括的内部的和/或专用的脱离器:

如果脱离器动作,应有明显的、有效的和永久断开的迹象,为了验证该要求,应采用等于 U_c 的工频电压施加 1 min,流过的电流不应超过 0.5 mA(有效值)。

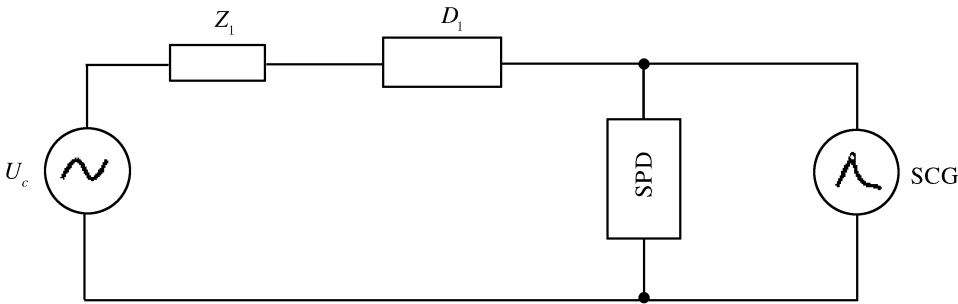
易触及的 SPD:

试验后,对防护等级大于或等于 IP20 的 SPD,使用标准试指施加一个 5 N 的力(见 GB 4208—1993)不应触及带电部件,SPD 按正常使用安装后在试验前已可触及的带电部分除外。

4.3.8.5 I_n 低于声明的短路耐受能力的 SPD 的补充试验

重复 4.3.8 的试验,但电压开关元件不短路。用一个正向的电涌电流(8/20 或其他合适的波形)在正半波的电压过零后的 $30^\circ\sim40^\circ$ 电角度处触发 SPD 接通短路。电涌电流应足够高以产生续流,但任何情况下均不应超过 I_n 。

为确保在触发电涌下外部脱离器不动作,所有的外部脱离器应如图 6 所示与工频电源串联放置。



Z_1 ——调节预期电流的阻抗(按表 4);
 D_1 ——外部 SPD 脱离器;
SCG——带耦合装置的电涌电流发生器。

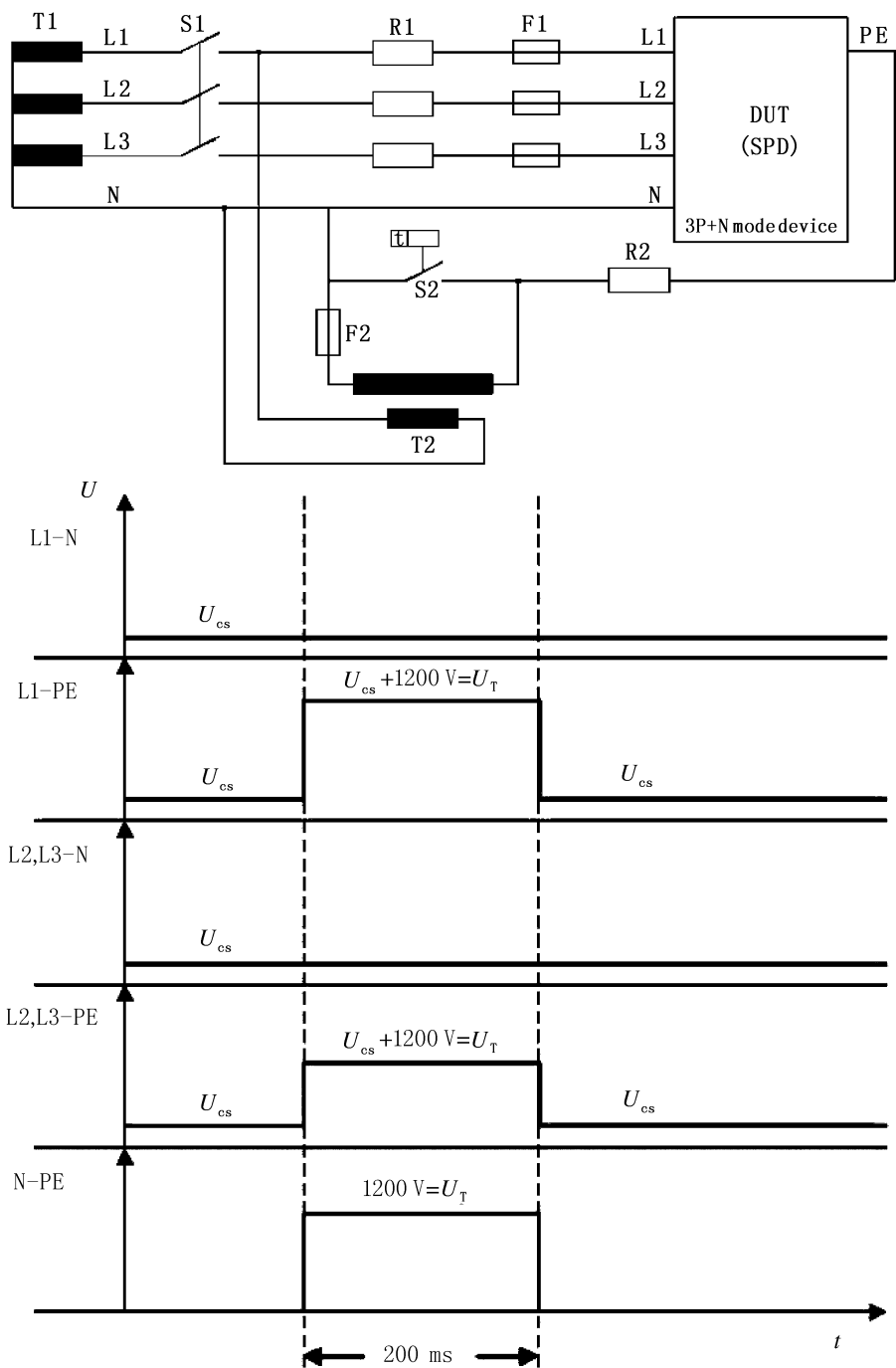
图 6 I_n 低于声明的短路耐受能力的 SPD 的试验电路

4.3.9 在高(中)压系统的故障引起的暂态过电压(TOV)下试验

应采用新的样品并按制造厂说明的正常使用条件安装,样品连接至图 7 的试验电路或等效的电路。

样品被放置在如 4.3.8 所述的立方体木盒内。盒的内表面覆盖薄纸或纱布。盒的一面(不是底面)应保持打开,以便按制造厂说明连接电源电缆。

注 1:薄纸:薄、软和有一定强度的纸,一般用于包裹易碎的物品,其重量在 12 g/m²~25 g/m²。
注 2:纱布:重约 29 g/m²~30 g/m²,并且每平方厘米有 13 $\times$ 11 条编织物。



S1——主开关；
S2——定时开关—在主开关闭合 200 ms 后闭合；
F1——按制造厂的说明推荐的最大过电流保护；
F2——TOV 变压器保护熔断器(需要耐受 300 A 持续 200 ms)；
T1——二次绕组电压为 U_{cs} 的电源变压器；
T2——TOV 变压器，一次绕组电压为 U_{cs} ，二次绕组电压为 1200 V；
R1——调节 U_{cs} 电源的预期短路电流的限流电阻；
R2——调节 TOV 电路的预期短路电流至 300 A 的限流电阻(约 4 Ω)；
DUT——被试装置。

图 7 在高(中)压系统故障引起的 TOV 下试验 SPD 时采用的电路示例
以及相应的 SPD 端子上预期电压的时序图

4.3.9.1 试验程序

在施加 $U_{cs}-5\%$ 后,通过闭合 S1 在 L1 相的 90° 电角度处对试验样品施加 $U_T-5\%$ 。在 $200\text{ ms}^{+10\%}_0$ 后,S2 自动闭合,通过短路 TOV—变压器(T2)的二次绕组把 SPD 的 PE—端子连接至中性线(经过限流电阻 R2)。这将使保护 TOV 变压器的熔断器 F2 动作。

电源 U_{cs} 的预期短路电流应等于制造厂声明的最大过电流保护的额定电流的五倍,如果没有声明最大过电流保护,则为 300 A 。电流允许误差为 $^{+10\%}_0$ 。

TOV 变压器输出的预期短路电流应通过 R2 调节至 $300\text{ A}^{+10\%}_0$ 。

中性线接地的 SPD 例外, U_{cs} 施加到样品上保持 15 min 不断开,直至开关 S1 重新断开。

允许采用其他的试验电路,只要它们确保对 SPD 有相同的应力。

4.3.9.2 合格判别标准

对防护等级大于或等于 IP20 的 SPD,使用标准试指施加一个 5 N 的力(GB 4208—1993)不应触及带电部件,除了 SPD 按正常使用安装后在试验前已可触及的带电部分外。

a) TOV 故障模式

如果制造厂声明 TOV 故障模式,应满足如下附加的合格判别标准:

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

b) TOV 耐受模式

如果制造厂声明 TOV 耐受能力,应满足下列附加的合格判别标准:

——在施加 U_{cs} 期间(在施加 U_T 后),SPD 应保持热稳定。如果在施加电压 U_{cs} 的全部时间内流过 SPD 的电流或其功耗不再增加,则认为 SPD 是热稳定状态。

——然后把样品连接至 U_c ,试验变压器至少应具有 200 mA 的短路电流能力。

测量流过样品的电流,其阻性分量(在正弦波的峰值处测量)不应超过 1 mA 。

——样品冷却到接近环境温度后,用 3.3.4 规定的试验确定测量限制电压,以检查是否保持制造厂规定的电压保护水平。然后,仅在 I_n 下进行 3.3.4.2 的试验,以及仅在 U_{oc} 下进行 3.3.4.4 和 3.3.4.5 的试验。辅助电路,如状态指示器,应处在正常工作状态。

注:这包括了对连接在 GB 16895.4,534 条的图 B.2 中位置 4a 的 N 和 PE 之间的 SPD 的要求。

从本标准的用途来讲,“正常工作状态”表示脱离器无可见的损坏,并且仍能运行。可用手动方式(有可能时)或用单纯的电气试验来检查能否运行,由制造厂和试验室协商确定。目测检查样品不应出现任何损坏的迹象。

4.3.10 在低压系统故障引起的 TOV 试验

应采用新的样品并按制造厂说明的正常使用条件安装。

样品被放置在如 4.3.8 所述的立方体木盒内。盒的内表面覆盖薄纸或纱布。盒的一面(不是底面)应保持打开,以便按制造厂的说明连接电源电缆。

注 1:薄纸:薄、软和有一定强度的纸,一般用于包裹易碎的物品,其重量在 $12\text{ g/m}^2\sim 25\text{ g/m}^2$ 。

注 2:纱布:重约 $29\text{ g/m}^2\sim 30\text{ g/m}^2$,并且每平方厘米有 13×11 条编织物。

4.3.10.1 试验程序

如图 8,样品应连接到 $U_T-5\%$ 的工频电压,持续时间为 $t_T=5\text{ s}-5\%$,电压 U_T 如 GB 18802.1 表 B.1 所示,或按制造厂声明的较高的 TOV 电压。该电压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 $U_T-5\%$ 以下,或能输出声明的 SPD 的短路耐受能力,取两者较小值。

紧接着在施加 U_T 后,应在样品上施加等于 $U_{cs}-5\%$ 并具有同样电流能力的电压 15 min 。试验周期之间的时间间隔应尽可能短,并且在任何情况下不应超过 100 ms 。

4.3.10.2 合格判别标准

在试验过程中,薄纸或纱布不应着火。

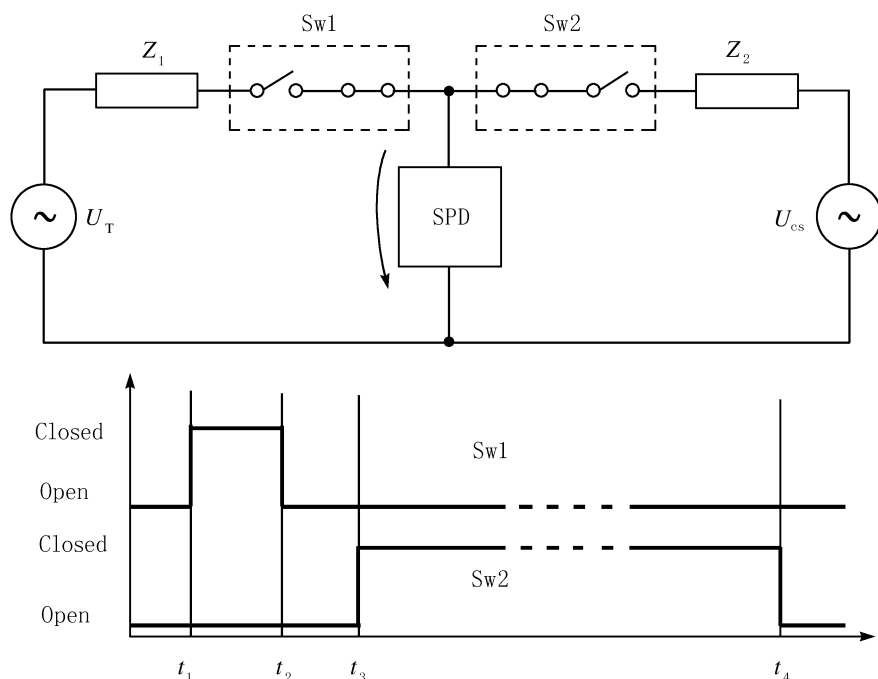


图 8 在低压系统故障引起的 TOV 下进行试验的电路示例及相应的时序图

对防护等级大于或等于 IP20 的 SPD, 使用标准试指施加 5N 的力 (见 GB 4208—1993) 不应触及带电部件, 除了 SPD 按正常使用安装后在试验前已可触及的带电部分外。

a) TOV 故障模式

如果制造厂声明 TOV 故障模式, 应满足下列附加的合格判别标准:

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

b) TOV 耐受模式

如果制造厂声明 TOV 耐受能力, 应满足如下附加的合格判别标准:

注: 这包括了对连接在 IEC 60364-5-53, 534 条的图 B. 2 中位置 4a 的 N 和 PE 之间的 SPD 的要求。

——在施加 U_{cs} 期间 (在施加 U_T 后), SPD 应保持热稳定。如果在施加电压 U_{cs} 的全部时间内流过 SPD 的电流或其功耗不再增加, 则认为 SPD 是热稳定状态。

——然后把样品连接至 U_c , 试验变压器至少应具有 200 mA 的短路电流能力。

测量流过样品的电流, 其阻性分量 (在正弦波的峰值处测量) 不应超过 1 mA。

——样品冷却到接近环境温度后, 用 5.3 规定的试验确定测量限制电压, 以检查是否保持制造厂规定的电压保护水平。然后, 仅在 I_n 下进行 5.3.2 的试验, 以及仅在 U_{oc} 下进行 5.3.4 和 5.3.5 的试验。辅助电路, 如状态指示器, 应处在正常工作状态。

从本标准的用途来讲, “正常工作状态” 表示脱离器无可见的损坏, 并且仍能运行。可用手动方式 (有可能时) 或用单纯的电气试验来检查能否运行, 由制造厂和试验室协商确定。

——目测检查样品不应出现任何损坏的迹象。

4.3.11 带有软电缆和电线的移动式 SPD 及其连接

通过检查和使用弯曲装置进行弯曲试验来检查其是否符合要求。

试验使用新的样品。

样品固定在试验装置的摆动机构上。当它在中间位置时, 进入样品处的软电缆或电线的轴线处于垂直位置; 并通过摆动轴。

SPD 定位:调节摆动机构的固定部件与摆动轴之间的距离,使试验装置的摆动机构在整个摆动过程中横向移动最小。

通过负载施加在电缆和电线的力为:

- 20N,用于标称截面积超过 0.75 mm^2 的 SPD;
- 10N,用于其他 SPD。

导线通过电流:

将导线与电缆弯曲测试仪上的电流源端子连接。电流设定为 SPD 额定电流或下列电流较小值:

- 16A,用于标称截面积超过 0.75 mm^2 的 SPD;
- 10A,用于标称截面积为 0.75 mm^2 的 SPD;
- 2.5A,用于标称截面积小于 0.75 mm^2 的 SPD。

导线间电压等于样品的额定电压。

摆动机构在 90° 的角度(垂直轴线两边各 45°)内摆动,弯曲次数 10 000 次,弯曲速率 60 次/min。向前摆动一次和向后摆动一次均为一次弯曲。

在试验中:

- 电流不得中断;
- 导线之间不得短路。

如果电流达到 SPD 的试验电流二倍时,则认为软电缆或电线导线之间发生了短路。

样品通以额定电流的试验电流时,每个触点与对应导线间的电压降不应超过 10 mV。

试验后,护套(如果有)不应与本体分开,电缆或电线的绝缘不应有磨损现象,导线的短线丝不应刺穿绝缘以至于变成易触及的。

4.3.12 机械强度试验

4.3.12.1 撞击试验

使用撞击试验装置对样品进行撞击试验。

嵌入式 SPD 安装在一个铁树木制成的基座的凹槽内,再整个固定在层压板上。

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

在撞击前用标准规定值 $2/3$ 的扭矩把底座和盖子的固定螺钉拧紧。

样品安装应使撞击点位于通过转轴轴线的垂直平面上。

撞击元件的下落高度由标准规定。其中普通 SPD 即按安装在垂直表面时防护等级为 IPX0 或 IPX1 的;其他 SPD 指防护等级高于 IPX1 的 SPD。

下落高度取决于样品离安装表面最突出部分,并施加在除 A 部分以外的样品所有部分。

样品受到的撞击应均匀分布在样品上。施加下列撞击:

——对于 A 部件,撞击 5 次;一次在中心。样品水平移动后:在中心和边缘间薄弱的点各 1 次;然后把样品绕它的垂直于层压板的轴线转过 90° 之后,在类似的点各一次。

——对于 B、C 和 D 部件,4 次撞击;

在层压板转过 60° 后,在样品的一侧面上撞击 1 次,保持层压板位置不变,样品绕它的垂直于层压板的轴线转过 90° 之后,在样品的另一侧面上撞击 1 次。

把层压板往相反方向转过 60° ,对样品其他两侧面各撞击 1 次。

试验后样品无本标准含义内的损坏。尤其是带电部件应不易被标准试验指触及。对于外表的损坏以及不导致爬电距离或电器间隙减少的小的压痕和不会对防触电保护或防止水的有害进入产生不利影响的小碎片均可忽略不计。

4.3.12.2 滚筒跌落试验

用标准规定 $2/3$ 的扭矩拧紧接线端子的螺钉和装配螺钉。

可拆线 SPD 连接制造厂规定的软电缆或电线,自由长度约 100 mm。不可拆线 SPD 按供货状态进行试验,软电缆或电线截至露出 SPD 约 100 mm。

对样品称重,确定样品的下落次数为:

- 1000,如果样品质量(不带电线或电缆)不超过 100 g;
- 500,如果样品质量(不带电线或电缆)超过 100 g,但不超过 200 g。
- 100,如果样品质量(不带电线或电缆)超过 200 g;

每次仅用一个样品进行试验。滚筒以 5 次/min 的速率旋转,样品下落 10 次/min。

试验后,样品应无损坏,尤其是:

- 任何部件不应分离或松动。
- 应不能触及带电部件,即使用标准试验指施加不超过 10N 的力也不应触及。

试验后检查,只要电击保护不受影响,允许有小的碎片碎裂。

用 3.3.4 的试验确定限制电压。

3.3.4.2 的试验仅在 I_n 下进行,3.3.4.4 和 3.3.4.5 的试验仅在 U_{oc} 下进行。

对 3.3.4.3 的试验,仅采用 10 次测量峰值的最大值。

如果限制电压低于或等于 U_p ,则样品通过试验。

再将样品连接至额定频率和最大持续工作电压 U_c 的电源,测量流过样品的电流,其阻性分量不应超过 1 mA。

4.3.13 耐热

4.3.13.1

将恒温恒湿仪的温度设定为 $100^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的加热状态,将 SPD 在其中保持 1h。

内部组装的任何密封化合物不应流出。

冷却后,样品按正常使用条件安装,应不可能触及任何带电部件,即使用标准指施加一个不超过 5N 的力也不可触及。

如果 SPD 的脱离器打开,也可认为 SPD 通过试验。

4.3.13.2

绝缘材料制成的把载流部件和接地电路的部件保持在其位置上必须的外部零件,将微电脑恒温恒湿仪的温度设定为 $125^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的加热状态进行试验。

绝缘材料制成的不是把载流部件和接地电路的部件保持在其位置上必须的外部零件,即使这些零件与它们相接触,将微电脑恒温恒湿仪的温度设定为 $70^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的加热状态进行试验。

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

1 h 后,把钢球从样品上移开,然后把样品侵入冷水中使其在 10 s 内冷却 5°C 。

在显微镜下观察由钢球形成的压痕直径不应超过 2 mm。

4.3.14 耐非正常热和耐燃

灼热丝试验应按 GB/T5169.11 规定的方法在下列条件下进行:

- 对于 SPD 中用绝缘材料制成的把载流部件和保护电路的部件保持在位置上必须的外部零件,试验应在 $850^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$ 温度下进行。
- 对于所有由绝缘材料制成的其他零件,试验应在 $650^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$ 温度下进行。

试验持续时间为 $30 \pm 1\text{s}$ 。

就本试验而言,平面安装式 SPD 的基座可看作是外部零件。

对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。

试验在一台样品上进行。

在有疑问的情况下,可再用二台样品重复进行此项试验。

试验时,施加灼热丝一次。

试验期间,样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)。

考虑加热元件或灼热元件可能与样品接触的使用条件,灼热丝的顶端应施加在样品规定的表面上。

如果符合下列条件,样品可看作通过了灼热丝试验:

没有可见的火焰和持续火光,或灼热丝移开后样品上的火焰和火光在 30s 内自行熄灭。不应点燃薄棉纸或烧焦松木板。

5 用于电信和信号网络的电涌保护器的测试方法

5.1 测试条件

5.1.1 测试温度和测试湿度

当测试 SPD 某特性时,若事先已知某一特定器件的工艺使 SPD 对温度不敏感,则测试时可用的温度为 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 45%~55%。在其他情况下,对温度敏感的 SPD 应在其所选用温度范围的极限温度处测试。

对于特定的 SPD 工艺,所选择温度范围中只有一个代表最不利测试条件的极限温度可能是预先知道的.在这种情况下只应在代表最不利测试条件的极限温度下测试。对同样的 SPD 工艺,在进行下述的各种测试时,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,最少宜用 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,最少宜用 15 min 的时间。

5.1.2 一般测试要求

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,宜在这些 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。在用接线座试验时,宜尽量靠近 SPD 的端部测量。用于测量的示波器应遵照 GB/T 16896.1—1997 的规定。

5.1.3 波形允许误差

波形参数 A/B 的定义应遵守 GB/T 16927.1—1997 的规定。表 5 列出了本部分所用的波形的允许误差。

表 5 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 5/300 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	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$

5.2 测试方法

5.2.1 一般检查

下列 a)~m)各项所列出的数据应标记于 SPD 本体或编入相关文件及标注在包装盒上。在说明书中应对所用的任何缩略语加以说明。

- a)制造商名称或商标;
- b)制造日期或产品系列号;

- c)型号；
- d)使用条件；
- e)最大持续运行电压 U_c ；
- f)额定电流；
- g)电压保护水平 U_p ；
- h)冲击复位时间(如适用时)；
- i)交流耐受能力；
- j)冲击耐受能力；
- k)过载故障模式；
- l)传输特性；
- m)串联阻抗(如适用时)。

5.2.1.1 标志

对标志牌进行检查验证。至少应包括以下内容：

- a)制造商名称或商标；
- b)生产过程的可追溯标记；
- c)型号；
- d)最大持续运行电压。

标志的材料在正常使用时应耐磨损,耐溶蚀.除了用压印、模压和雕刻方法制造外,应对位于 SPD 本体上的所有形式的标志进行本试验。试验时,参照 4.3.1。

试验后标志牌上内容应清晰可见。在编制的文件或包装盒上应包括有对任何特殊处理的说明。

5.2.2 绝缘电阻

- a)对每一对端子分别使用正负两种极性电压测量绝缘电阻。
 - b)试验电压为直流,幅值等于制造商给定的最大持续工作电压 U_c 。
 - c)测量流过被测端子间的电流,试验电压除以测量电流得到绝缘电阻。
- 合格标准:绝缘电阻值应等于或高于制造商给定的值。

5.2.3 冲击耐受试验

5.2.3.1 试验程序

- a)试验时所使用的冲击发生器应具有表 6 的开路电压和短路电流。

表 6 冲击耐受试验和冲击限制电压试验用的电压波形和电流波形

类别	试验类型	开路电压	短路电流	试验次数
A1	很慢的上升速率	$\geq 1\text{kV}$ 上升率	10A $0.1\text{ A}/\mu\text{s}\sim 2\text{ A}/\mu\text{s}$	N/A
A2	AC	$0.1\text{ kV/s}\sim 100\text{ kV/s}$	$\geq 1000\text{ }\mu\text{s}$ (持续时间)	单次
B1	慢的上升速率	1 kV, 10/1000 μs	100 A 10/1000 μs	300
B2		1 kV 或 4 kV 10/700 $\mu\text{s}\geq 1\text{ kV}$	25 A 或 100 A,5/300 μs 10 A、25 A 或 100 A	
B3		100 V/ μs	10/1000 μs	

表 6(续)

类别	试验类型	开路电压	短路电流	试验次数
C1	快的上升速率	0.5 kV 或 1 kV,	0.25 kA 或 0.5 kA	300
		1.2/50 μs	8/20 μs	
C2		2 kV, 4 kV 或 10 kV	1 kA, 2 kA 或 5 kA	10
		1.2/50 μs	8/20 μs	
C3		≥1 kV	10 A, 25 A 或 100 A	300
		1 kV/μs	10/1000 μs	
D1	高能量	≥1 kV	0.5 kA, 1 kA 或 0.5 kA,	2
			10/350 μs	
D2		≥1 kV	1 kA 或 2.5 kA,	5
			10/250 μs	

- b) 根据制造商声称的冲击耐受能力从表 6 中 C 类选取冲击电压施加在适当的端子上。一般施加在未保护侧的一对端子之间,如有需要才应施加在未保护侧的一个端子和地线之间。
- c) 试验次数要达到表 6 中规定,其中一半进行正极性另一半进行负极性。冲击之间应间隔 1 min 以上,以防止热积累。
- d) 如果 SPD 文件中列出其他冲击,可以从 A1、B、C 和 D 类中选取相应波形进行附加试验。

5.2.3.2 合格标准

完成规定次数的试验后重新测量绝缘电阻、电压保护水平(正、负极性各一次),测量结果应能满足制造商提供的相应要求。

5.2.4 冲击限制电压

5.2.4.1 试验程序

- a) 试验时所使用的冲击发生器应具有表 6 的开路电压和短路电流。
- b) 根据冲击耐受试验确定的 SPD 通流容量从表 6 中 C 类选取冲击电压施加在适当的端子上。一般施加在输入端的一对端子之间,如有需要才应施加在输入端的一个端子和地线之间。
- c) 如果 SPD 文件中列出其他冲击,可以从 A1、B、C 和 D 类中选取相应波形进行附加试验。附加试验的通流量由制造商指定。
- d) 试验次数正极性五次和负极性五次。当选用 10/350 μs 波形时为正负各一次。冲击之间的间隔应根据不同 SPD 的热特性做不同规定,但最少为 5 min,以防止热积累。
- e) 在不带负载的情况下在对应的输出端测量每次冲击的限制电压。测量用的电压探头应尽可能接近连接端子处。

5.2.4.2 合格标准

测得的最大电压不应超过制造商规定的电压保护水平 U_p 。

5.2.5 过载故障模式

5.2.5.1 试验程序

- a) 对 SPD 在冲击电流和交流电流的作用下的过载故障模式进行试验。对有接地端子的 SPD,应在每个输入端端子和地线之间进行试验。
- b) 进行冲击电流和交流电流试验应采用不同的样品。
- c) 冲击过电流试验。按图 9 接线。将冲击耐受试验确定的 SPD 通流容量 i 按公式(3)施加到 SPD 上:

$$i_{test} = i(1 + 0.5N), N \in [0, 6], \text{对后续的每一个试验 } N \text{ 增加 } 1 \dots\dots\dots(3)$$

试验间隔为 1 min。每次试验后检查是否 SPD 进入过载状态。如果在试验结束后 SPD 没有进入

过载状态,则应用交流电流进行下面的试验。

d)交流过电流试验。只用电压限制原件的 SPD 按图 9 所示进行接线。交流过电流试验值由制造商规定。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。

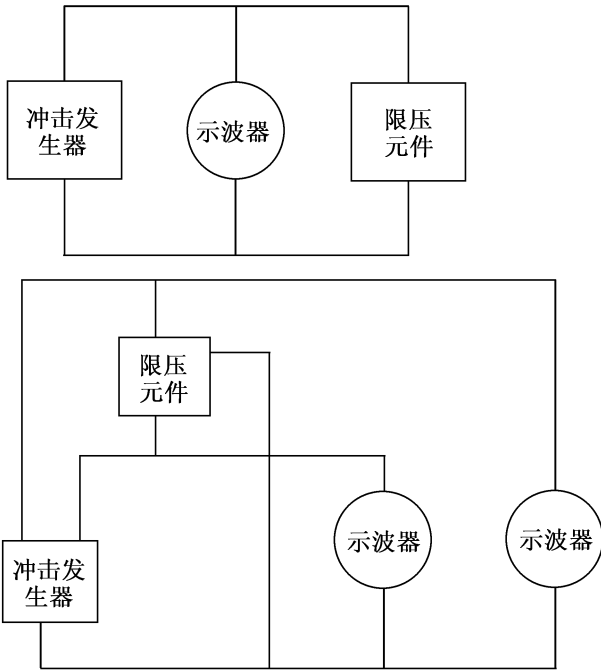


图 9 过载故障模式接线

5.2.5.2 合格标准

试验结束后检查 SPD 有没有进入制造商提供可接受的过载状态。

5.2.6 盲点试验

5.2.6.1 试验程序

为了确定在多级 SPD 中是否存在盲点,应使用一个新的样品进行下列试验。

- a)选取确定 U_p 时使用的冲击波形,施加冲击期间用示波器测量冲击限制电压和电压波形。
- b)把冲击发生器的开路电压降至第一步中使用的电压值的 10%,同时用示波器监视施加到 SPD 的正极性冲击限制电压。限制电压应与第一步中的不同,SPD 进入保护盲区。如果不是这样,则选择更低的电压进行试验,但该电压应始终高于最大持续工作电压 U_c 。
- c)使用第一步中使用的电压值的 20%、30%、45%、60%、75%和 90%的正极性冲击,同时连续监视冲击限制电压的波形。
- d)在某一百分数的开路电压处,当冲击限制电压波形回到第一步中所确定的波形时,停止改变电压。
- e)把开路电压减少 5%,再做试验。以后每次把开路电压减少 5%,直到获得第二步中记录的波形。至此获得该 SPD 保护盲区的边界点。
- f)用此开路电压值,施加正负极性各两次冲击。

5.2.6.2 合格标准

冲击后 SPD 应能满足绝缘电阻测试的要求。

5.2.7 电容、电感

为消除由于测试电缆的串联阻抗所引起的电压降和接触电阻的影响等,设置独立的电压检测电缆是一种减少低阻抗零部件的测量误差的方法。需要考虑由于电缆之间的互电感(M)所产生的影响。应

使用在一个夹子上有两个相互绝缘的电极的凯尔文夹子,进行四个端子的连接。连接如图 10。

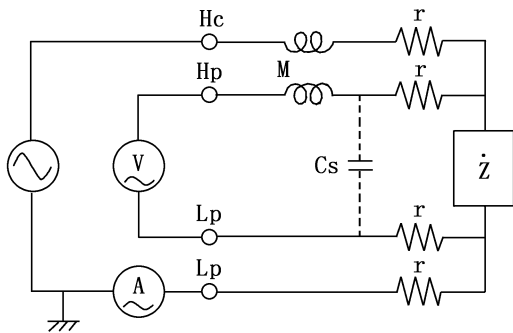


图 10 电容、电感测试接线示意图

5.2.7.1 电容

- a)使用 LCR 测试仪测试电容,设定频率为 1 MHz。
- b)电压设置为 1V 恒压。
- c)对 LCR 测试仪进行开路补偿校准。
- d)对 LCR 测试仪进行短路补偿校准。
- e)每次测量线一对端子,所有不参加测试的端子在测试仪处接地或者开路悬空。
- f)读取 LCR 测试仪的并联等效电容 C_p 。

5.2.7.2 电感

- a)使用 LCR 测试仪测试电感,设定频率为 1 MHz。
- b)电流设置为 1 A 恒流。
- c)对 LCR 测试仪进行开路补偿校准。
- d)对 LCR 测试仪进行短路补偿校准。
- e)每次测量一对端子,所有不参加测试的端子在测试仪处接地或者开路悬空。
- f)读取 LCR 测试仪的串联等效电感 L_s 。

5.2.8 插入损耗

插入损耗以分贝(dB)表示,它是利用长度最长为 1 m,并具有匹配的特性阻抗的馈线来测量的。SPD 的插入损耗试验的流程见图 11。

利用图 12 的电路进行测量。先采用短路线来代替 SPD,然后再插入 SPD 分别进行测量,测量值用分贝(dB)表示。

传输系数为:

$$T = \frac{V_{\text{传输}}}{V_{\text{输入}}} = \tau \angle \varphi \dots\dots\dots(4)$$

插入损耗(dB) = $-20\lg\text{MOD}(T) = -20\lg\tau \dots\dots\dots(5)$

增益(dB) = $20\lg\text{MOD}(T) = 20\lg\tau \dots\dots\dots(6)$

式中:

- T ——传输系数;
- $V_{\text{传输}}$ ——测量的传输电压;
- $V_{\text{输入}}$ ——测量的输入电压;
- τ ——传输系数幅值;
- $\angle \varphi$ ——输入电压和传输电压的相角差;
- MOD——模的计算。

表 7 列出了特性阻抗、频率范围和电缆的类型。更详细的与 IT 系统有关的传输特性资料见附录

A。使用的试验电平是-10 dBm。

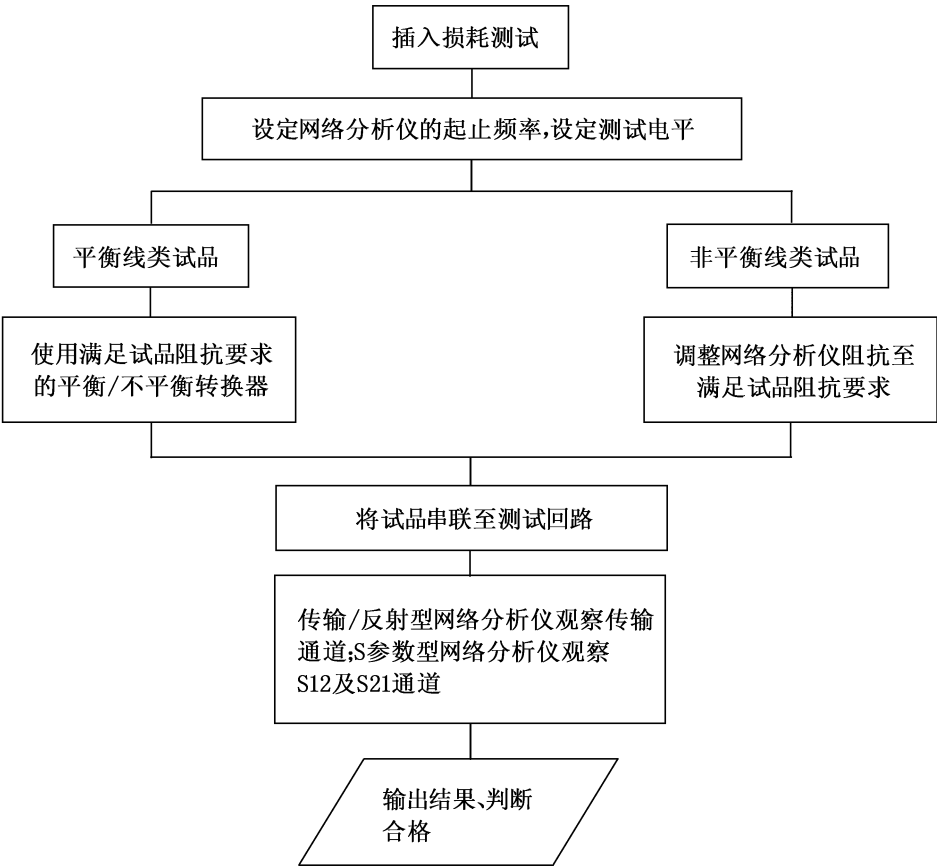


图 11 SPD 的插入损耗试验的流程图

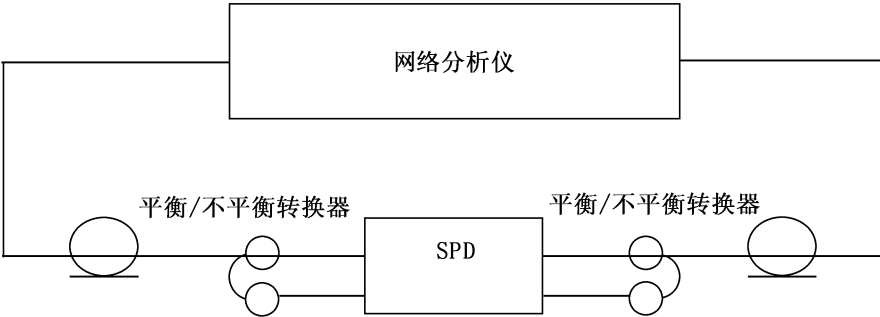


图 12 插入损耗试验电路

表 7 特性阻抗、频率范围和电缆的类型

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 或 120 或 150	双绞线
≤ 1 GHz	50 或 75	同轴电缆
> 1 GHz	50	同轴电缆

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。

在测试多端口的被测件时应使用平衡/不平衡转换器。

在测试前应对网络分析仪进行校准,减小因平衡—不平衡转换器和测试引入线所导致的综合损耗。

传输/反射型网络分析仪观察传输通道;S 参数型网络分析仪观察 S12 及 S21 通道。

5.2.9 回波损耗

回波损耗以分贝(dB)表示,它是利用长度最长为 1 m,并具有匹配的特性阻抗的引入导线来测量的。SPD 的回波损耗试验的流程见图 13。

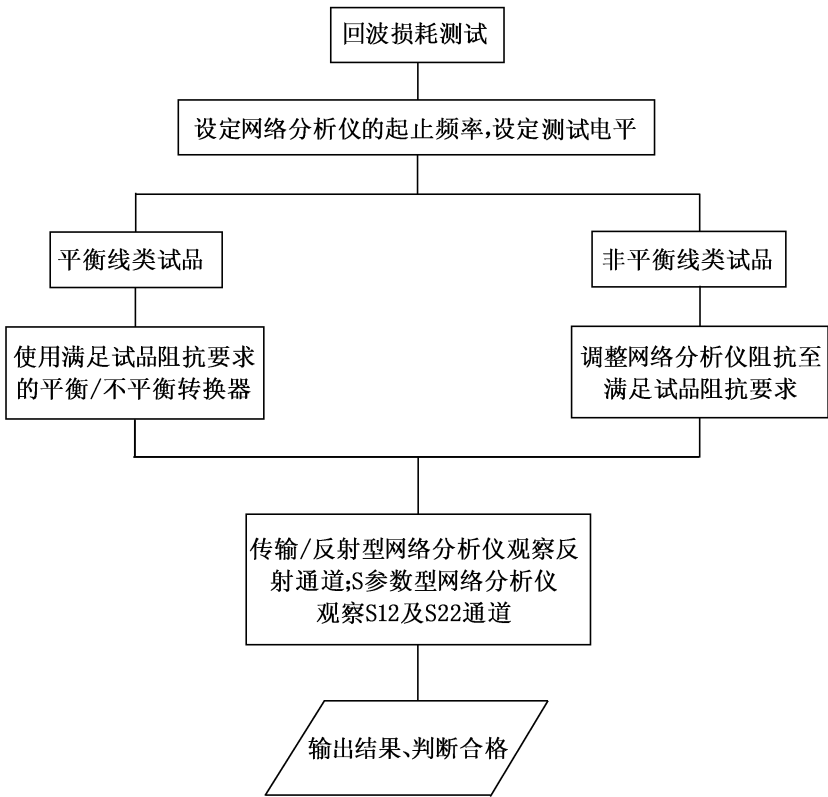


图 13 SPD 的回波损耗试验的流程

利用图 14 的电路进行测量,测量值用分贝表示。表 7 列出了特性阻抗、频率范围和电缆的类型。使用的试验电平是−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。

反射系数：
$$\Gamma = \frac{V_{\text{反射}}}{V_{\text{输入}}} = \rho \angle \varphi = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots (7)$$

反射损耗=20lgMOD[(Z₁+Z₂)/(Z₁−Z₂)]
$$\dots\dots\dots (8)$$

- 式中：
- Γ——反射系数；
 - V_{反射}——测量的反射电压；
 - V_{输入}——测量的输入电压；
 - ρ——反射系数幅值；
 - ∠φ——反射电压和传输电压的相角差；
 - Z₁——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源和负荷之间的结合处看去的负荷阻抗(GB/T 14733.7—1993 中 07—25,修改);

MOD——模的计算。

反射系数是反射电压信号与入射电压信号的比值,反射系数为矢量,包含幅度和相位信息。分别反映反射信号与入射信号的幅度比值与相位差。

造成反射的根本原因为阻抗不匹配。反射损耗是反射信号与输入信号功率比值,为标量。

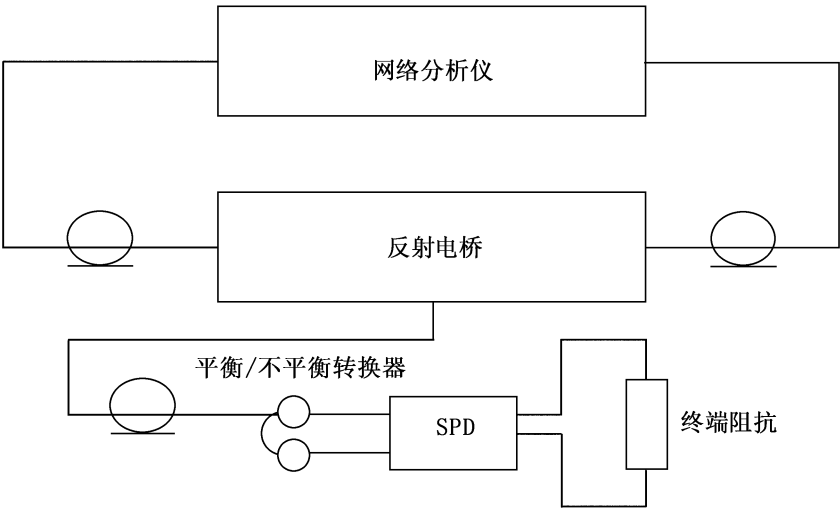


图 14 回波损耗试验电路

5.2.10 误码率(BER)

按照制造厂的说明书要求连接发送回路和接收回路。对于 SPD 预定使用的数字传输应用中采用最大的伪随机位模式进行试验。

首先测量在试验回路中带 SPD 时的 BER。再测不带 SPD 时的 BER。在每种情况下,从表 8 选取测试时间。BER 测试仪的发送和接收阻抗应等于传输应用的特性阻抗。

表 8 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
$64 \text{ kbit/s} \leq R < 1554 \text{ kbit/s}$	30 min
$R \geq 1554 \text{ kbit/s}$	10 min

应依据产品所附说明书上规定的通信速率对样品进行检测。图 15 为误码率测试的连接示意图。

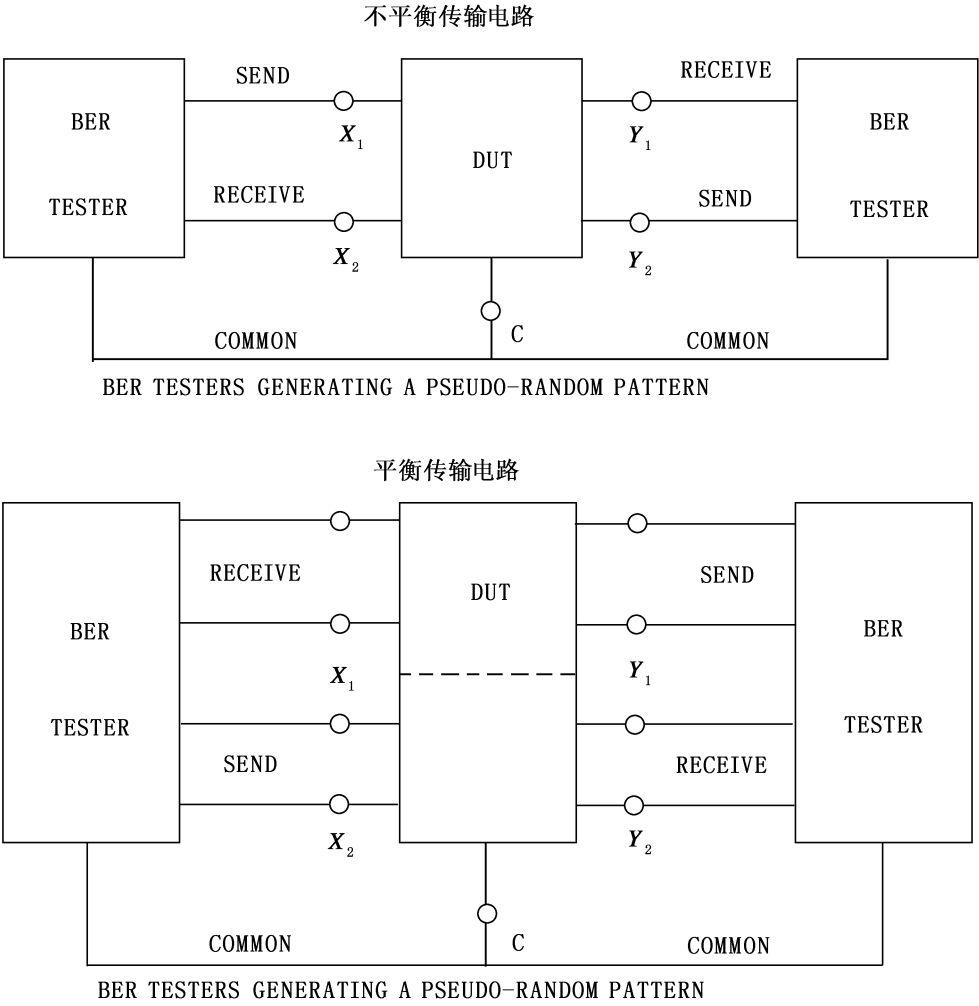


图 15 误码率测试连接示意图

附录 A
(资料性附录)
信息技术系统所涉及的传输特性

附录 A 提供了信息技术系统相关的传输特性数据,在测试 SPD 时应当了解这些数据。

A.1 电信系统

表 A.1 电信系统接入网的传输特性

系统	比特率/ (kbit/s)	带宽/ kHz	信道	标准	Z/ Ω	在给定频率下 最大允许衰 减/dB @ kHz	备注
模拟	—	(0.025) 0,3 3,4 (16)	—	ETSI ETS 300001 [5], TBR 21 [6], TBR 38 [7]	Z_L (复合)	变化的	
PCM11	784	0~ 600	11 $\times$ 64 kbit/s + 1 $\times$ 64 kbit/s 信号	ETSI TS 101 135 [8]	135	31@150	对于此种传输系 统还没有有效的 国际标准。ITU— T G. 703 [9]是一个 用户可自愿选 择的技术要求
ISDN PMXA	2048	0~5 000	30 $\times$ 64 kbit/s		130	40@1 000	EURO—ISDN 在 ISDN—BA 和 EURO—ISDN 之 间没有物理层上 的差别。但是在 第 2 和 3 层上他 们使用的是不同 的协议
ISDN—BA	160	0~120	2 $\times$ 64 kbit/ s + 1 $\times$ 16 kbit/s	ITU—T G. 961 [10] ETSI TS 102 080 Annex B [11]	150	32@40	两个系统都允许 使用 2B1Q 和 4B3T 线使用符合 ETSI 102080 附录 A 和附录 B[11]的 编码
PCM2A PCM4	160 192	~ 120 ~ 80	PCM4: 4 $\times$ 32 kbit/s PCM2: 2 $\times$ 64 kbit/s	ITU—T G. 961 [10] ETSI TS 102 080, Annex B Annex A[11]	150 135	32@40 36@40	

表 A. 1(续)

系统	比特率/ (kbit/s)	带宽/ kHz	信道	标准	Z/Ω	在给定频率下 最大允许衰 减/dB @ kHz	备注
SDSL	192—2313	变化的, 上 限~800	变化的	ETSI TS 101 524 [12]	135	变化的	
HDSL	784,1568 或 2312	0 ~1000	12~32 ×64 kbit/s	ETSI TS 101 135 [8]	135	31, 27 or 22@150	
ADSL	32~8192	138~1104	变化的	ETSI TS 101 388 [13]; ITU — T G. 992.1 Annex B[14]	100	变化的	
VDSL	2~30000	138(1104) ~ 12 000	变化的	ETSI TS 101270 — 1 [15], ETSI TS 101270 — 2 [16]	135	变化的	

A.2 信号、测量和控制系统

表 A.2 用户端的 IT 系统的传输特性

系统	比特率/ (Mbit/s)	带宽/ (kHz)	信道	标准	Z/Ω	最大允许 衰 减/dB @ kHz	备注
千兆以太网 (1000 Base T)		D(5e)	30. 1 @ 100 MHz	EN 50173 — 1 [17]	100	24 @ 100 MHz	最大长度 100 m ACR1 [dB] 6,1@ 100 MHz
以太网 (100 Base T)	100	D(5)	27. 1@100	ISO/IEC 8802 — 5 [18]	100	24 @ 100 MHz	最大长度 100 m
ATM	155	D(5)	27. 1@100	EN 50173 — 1 [17]	100	24 @ 100 MHz	最大长度 100 m
令牌环网	16	D(3)	19. 3 @ 16 MHz	ISO/IEC 8802 — 5 [18] EN 50173 — 1 [17]	150	14. 9 @ 16 MHz	最大长度 100/150 m
1)信道性能							

更多的传输特性在在 EN 50173 种描述,它们是:
插入损耗, PSNEXT, PSACR, ELFEXT 和 PSELFEXT7.2.2, 测量与控制。

A.3 有线电视系统

表 A.3 有线电视系统得传输特性

系统	带宽/ MHz	回波损耗 /dB $f > 50$ MHz	最小插入损耗 dB 在 50 MHz 在系统出口 (用户端)	标准	Z/Ω	最大允许衰减 dB /100 m 在 450 MHz (取决于线缆类型)	备注
宽带电视 分布网	47~450	从 ≤ 24 dB — 1 dB/倍 频程 从 ≤ 26 dB — 1 dB/倍 频程 (取决于线 缆类型)	≤ 20 dB — 1, 5dB/倍频程	National (DE)	75	2.9 dB 4.1 dB 6.2 dB 12.2 dB	系统载波信 号水平输出 47~77 dB
宽带电视 分布网	47~862	从 ≤ 24 dB — 1 dB/倍 频程 从 ≤ 26 dB — 1 dB/倍 频程 (取决于线 缆类型)	待决定	EN 50083 — 1[19]	75	2.9 dB 4.1 dB 6.2 dB 12.2 dB	

附 录 B
(规范性附录)
TOV 值

试验程序与 SPD 按制造厂规定的安装说明在低压电源设备系统中预期使用模式有关,见表 B. 1。

表 B. 1 TOV 试验值

使用模式	TOV 试验值 U_T/V	
SPD 连接至	5 s(低压系统的特性)	200 ms(高压系统的故障)
TN-系统		
连接至 L-(PE)N 或 L-N	$1.32U_{cs}$	
连接至 N-PE		
连接至 L-L		
TT-系统		
连接至 L-PE	$1.55U_{cs}$	$1200 + U_{cs}$
连接至 L-N	$1.32U_{cs}$	
连接至 N-PE		1200
连接至 L-L		
IT-系统		
连接至 L-PE		$1200 + U_{cs}$
连接至 L-N	$1.32U_{cs}$	
连接至 N-PE		1200
连接至 L-L		
TN, TT 和 IT 系统		
连接至 L-PE	$1.55U_{cs}$	$1200 + U_{cs}$
连接至 L-(PE)N	$1.32U_{cs}$	
连接至 N-PE		1200
连接至 L-L		
注:本表满足 IEC 60364-5-53 要求。对本用途, $U_{cs}=1.1 U_0$		
