

# INTERNATIONAL STANDARD

## IEC 61643. 11

Low-voltage surge protective devices –  
Part 11: Surge protective devices connected to  
low-voltage power systems –  
Requirements and tests

Version 1.0 2011-03

### 低压电涌保护器(SPD) 第 11 部分：低压电力系统的电涌保护器 ——性能要求和试验方法

(翻译交流稿)

1.0 版本 2011 年 3 月发布

翻译 周歧斌 赵洋

上海市防雷产品质量监督检验站  
上海市防雷中心防雷产品测试中心

2011.4 译

# 目 次

1.	适用范围.....	1
2.	规范性引用文件.....	1
3.	术语，定义和缩写.....	1
3.1	术语和定义.....	1
3.2	缩写.....	5
4.	使用条件.....	7
4.1	频率.....	7
4.2	电压.....	7
4.3	气压和海拔.....	7
4.4	温度.....	7
4.5	湿度.....	7
5.	分类.....	7
5.1	端口数.....	7
5.1.1	一端口.....	7
5.1.2	二端口.....	7
5.2	SPD的设计类型.....	7
5.2.1	电压开关型.....	7
5.2.2	电压限制型.....	7
5.2.3	复合型.....	7
5.3	SPD的I、II和III类试验.....	7
5.4	使用地点.....	7
5.4.1	户内.....	7
5.4.2	户外.....	7
5.5	易触及性.....	7
5.5.1	易触及的.....	7
5.5.2	不易触及的.....	8
5.6	安装方式.....	8
5.6.1	固定的.....	8
5.6.2	移动的.....	8
5.7	SPD的脱离器（包括过电流保护）.....	8
5.7.1	脱离器的位置.....	8
5.7.2	保护功能.....	8
5.8	按GB 4208 的IP代码的外壳防护等级.....	8
5.9	温度和湿度范围.....	8
5.9.1	正常的.....	8
5.9.2	极限的.....	8
5.10	电源系统.....	8
5.10.1	频率在 47Hz~63Hz之间交流.....	8
5.10.2	频率在 47Hz~63Hz之外交流.....	8
5.11	多极SPD.....	8
5.12	SPD的失效模式.....	8

5.12.1	开路（标准型SPD）	8
5.12.2	短路（短路型SPD）	8
6	SPD优选值	8
6.1	I类试验的冲击电流 $I_{imp}$ 优选值	8
6.2	II类试验的标称放电电流 $I_n$ 优选值	8
6.3	III类试验的开路电压 $U_{oc}$ 优选值	8
6.4	电压保护水平 $U_p$ 优选值	8
6.5	最大持续工作电压 $U_c$ 的优选值	8
7	技术要求	9
7.1	一般要求	9
7.1.1	标识	9
7.1.2	标志	10
7.2	电气性能要求	10
7.2.1	防直接接触	10
7.2.2	残流 $I_{PE}$	10
7.2.3	电压保护水平 $U_p$	10
7.2.4	动作负载试验	10
7.2.5	脱离器和状态指示器	10
7.2.6	绝缘电阻	11
7.2.7	介电强度	11
7.2.8	暂时过电压下的性能	11
7.3	机械性能要求	12
7.3.1	安装	12
7.3.2	螺钉，载流部件和连接	12
7.3.3	外部连接	12
7.3.4	电气间隙和爬电距离	13
7.3.5	机械强度	13
7.4	环境要求	13
7.4.1	外壳防护（IP代码）	13
7.4.2	耐热	13
7.4.3	阻燃	13
7.4.4	耐漏电起痕	13
7.4.5	电磁兼容	13
7.5	特殊SPD设计的附加要求	14
7.5.1	二端口和输入/输出分开的一端口的SPD	14
7.5.2	户外型SPD的环境试验	14
7.5.3	具有分离隔离电路的SPD	14
7.5.4	短路型SPD	14
7.6	制造商可能声称的附加要求	14
7.6.1	单端口或双端口SPD	14
7.6.2	仅对双端口SPD	14
8	型式试验	14
8.1	一般试验程序	15
8.1.1	用于I类附加动作负载试验的冲击放电电流	22

8.1.2	用于I类和II 类残压与动作负载的冲击电流 .....	22
8.1.3	用于I类和II 类放电试验的冲击电压 .....	22
8.1.4	用于III 级试验的复合波 .....	22
8.2	标志的耐久性试验 .....	24
8.3	电气试验 .....	25
8.3.1	防直接接触试验 .....	25
8.3.2	残留 $I_{PE}$ .....	25
8.3.3	确定限制电压 .....	25
8.3.4	动作负载试验 .....	27
8.3.5	SPD的脱离器和过载时的安全性能 .....	31
8.3.6	绝缘电阻 .....	35
8.3.7	介电强度 .....	36
8.3.8	暂时过电压下的性能 .....	36
8.4	机械试验 .....	40
8.4.1	螺钉, 载流部件和连接的可靠性试验 .....	40
8.4.2	连接外部导体的接线端子 .....	40
8.4.3	验证电气间隙和爬电距离 .....	43
8.4.4	机械强度 .....	45
8.5	环境和材料试验 .....	48
8.5.1	防止固体物进入和水的有害进入 .....	48
8.5.2	耐热 .....	48
8.5.3	球压试验 .....	48
8.5.4	耐非正常热和耐燃 .....	49
8.5.5	耐电痕化 .....	50
8.6	特殊SPD设计的附加试验 .....	50
8.6.1	二端口和输入/输出端子分开的一端口的SPD试验 .....	50
8.6.1.1	额定负载电流( $I_L$ ) .....	50
8.6.1.2	过载性能 .....	51
8.6.1.3	负载侧短路特性试验 .....	51
8.6.2	户外型SPD的环境试验 .....	52
8.6.3	分开隔离电路的SPD .....	52
8.6.4	短路型SPD .....	52
8.6.4.1	特性转换过程(预处理试验) .....	52
8.6.4.2	冲击耐受试验 .....	52
8.6.4.3	短路电流性能试验 (短路状态) .....	52
8.7	制造厂声称的特殊性能的附加试验 .....	53
8.7.1	多极SPD的总放电电流试验 .....	53
8.7.2	确定电压跌落的试验 .....	53
8.7.3	负载侧电涌耐受能力 .....	53
8.7.4	电压升高率 $du/dt$ 的测量 .....	53
9	常规试验和验收试验 .....	54
9.1	常规试验 .....	54
9.2	验收试验 .....	54

附录 A	(规范性附录) SPD的参考试验电压 $U_{REF}$ .....	55
附录 B	(规范性附录) TOV等级 .....	57
附录 C	(规范性附录) 确定是否存在开关型元件和续流大小的试验 .....	58
附录 D	(规范性附录) 简化试验程序 .....	59
附录 E	(资料性附录) 中高压系统故障引起TOV下SPD试验的可选电路 .....	61
附录 F	(资料性附录) 户外型SPD的环境试验 .....	62
附录 G	(规范性附录) 温升限制 .....	64

# 引 言

IEC 61643的本部分标准阐述了电涌保护器（SPDs）的安全和性能试验。  
有三种类别的试验。

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

II类或III类试验方法试验的SPD承受持续时间较短的冲击。

所有SPD在试验时应尽可能视作一个“黑盒子”。

IEC 61643-12部分阐述SPD在实际情况中的选择和使用导则。

# 低压电涌保护器

## 第 11 部分：低压电力系统的电涌保护器 ——性能要求和试验方法

### 1. 适用范围

IEC 61643的本部分适用于对间接雷电和直接雷电效应或其他瞬态过电压的电涌进行保护的电器。这些电器被组装后连接到交流额定电压不超过1 000 V（有效值）、50/60 Hz的电路和设备。本部分规定这些电器的特性、标准试验方法和额定值，这些电器至少包含一用来限制电压和泄放电涌电流的非线性的元件。

### 2. 规范性引用文件

下列参考文件对于本标准的应用是不可缺少的。凡标注日期的引用文件，只应用了引用了版本。未标注日期的引用文件，其最新版本（包括任何修订）适用于本部分。

IEC 60060-1:1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60112, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60695-2-11:2000, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end-products*

IEC 61000 (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC)*

IEC 61180-1, *High-voltage test techniques for low voltage equipment – Part 1: Definitions, test and procedure requirements*

---

### 3 术语, 定义和缩写

下列定义适用于本部分。

#### 3.1 术语和定义

##### 3.1.1

**电涌保护器 (SPD) surge protective device**

用于限制瞬态过电压和泄放电涌电流的电器, 它至少包含一非线性的元件。

注: SPD是一个装配完整的部件, 其具有适当的连接手段

##### 3.1.2

**一端口的 SPD one-port SPD**

在端子之间没有特殊的串联阻抗的SPD。

注: 一端口可以具有分开的输入和输出端。

##### 3.1.3

**二端口的 SPD two-port SPD**

在分开的输入和输出端子之间有特殊的串联阻抗的SPD。

##### 3.1.4

**电压开关型 SPD voltage switching type SPD**

没有电涌时具有高阻抗, 当电涌响应时能突变成低阻抗的SPD。

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

##### 3.1.5

**电压限制型 SPD voltage limiting type SPD**

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

注: 常用的非线性元件是: 压敏电阻和抑制二极管。这些有时被称为“嵌压型”元器件。

##### 3.1.6

**复合型 SPD combination SPD**

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

##### 3.1.7

**短路型SPD**

根据II类试验测试的SPD, 当冲击电流超过其标称放电电流时, SPD的特性将转变成内部短路状态。

##### 3.1.8

**保护模式 modes of protection**

在端子间保护保护元器件的电流路径, 例如相对相、相对地、相对中线、中线对地。

##### 3.1.9

**II类试验的标称放电电流 nominal discharge current**

$I_n$

流过SPD具有8/20波形电流的峰值。

##### 3.1.10

**I类试验的冲击电流 impulse current**

$I_{imp}$

由三个参数来定义: 电流峰值  $I_{peak}$ 、电荷量  $Q$  和比能量  $W/R$ 。

##### 3.1.11

**最大持续工作电压 maximum continuous operating voltage**

$U_c$

---

可连续地施加在SPD上的最大交流电压有效值。

注：本标准覆盖的 $U_c$ 可超过1000V。

### 3.1.12

续流 follow current

$I_f$

冲击放电电流以后，由电源系统流入SPD的电流。

### 3.1.13

额定负载电流 rated load current

$I_L$

能提供给连接到SPD保护输出端的阻性负载的最大持续额定交流电流有效值。

### 3.1.14

电压保护水平 voltage protection level

$U_p$

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

注：电压保护水平由制造厂提供，并不能超过：

——由波前放电电压（如适用）决定的测量限制电压，和对应于II级与I级试验中 $I_n$ 及 $I_{imp}$ 峰值处的残压。

——III级试验中，取决于组合波在 $U_{oc}$ 下的测量限制电压

### 3.1.15

测量限制电压 measured limiting voltage

施加规定波形和幅值的冲击电流时，在SPD接线端子间测得的最大电压峰值。

### 3.1.16

残压 residual voltage

$U_{res}$

放电电流流过SPD时，在其端子间产生的电压峰值。

### 3.1.17

暂时过电压试验值 temporary overvoltage test value

$U_T$

施加在SPD上并持续一个规定时间 $t_i$ 的试验电压，以模拟在TOV条件下的应力。

### 3.1.18

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

二端口SPD输出端子耐受其下游负载侧产生的电涌的能力。

### 3.1.19

二端口 SPD 的电压上升率 **voltage rate-of-rise of a two-port SPD**

在设定的试验条件下，二端口 SPD 输出端测量得到的电压变化率。

### 3.1.20

1.2/50 冲击电压 1.2/50 voltage impulse

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

注：IEC 60060-1（1989）条款 8 定义了冲击电压概念的波头时间，半峰值时间和波形允差。

### 3.1.21

8/20 冲击电流 8/20 current impulse

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

注：IEC 60060-1（1989）条款 8 定义了冲击电流概念的波头时间，半峰值时间和波形允差。

### 3.1.22

---

### 复合波 combination wave

由开路时的电压幅值 ( $U_{oc}$ ) 与波形, 短路时的电流幅值 ( $I_{cw}$ ) 及波形以的波形。

注: 施加在 SPD 上的电压幅值, 电流幅值和波形取决于组合波冲击发生器的阻抗 ( $Z_f$ ) 和试品阻抗。

#### 3.1.23

##### 开路电压

$U_{oc}$

在复合波发生器连接试品端口处的开路电压。

#### 3.1.24

##### 短路电流

$I_{cw}$

在复合波发生器连接试品端口处的预期短路电流。

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

#### 3.1.25

##### 热稳定 thermal stability

在引起SPD温度上升的动作负载试验后, 在规定的环境温度条件下, 给SPD施加规定的最大持续工作电压, 如果SPD的温度能随时间而下降, 则认为SPD是热稳定的。

#### 3.1.26

##### 性能劣化 degradation (of performance)

设备和系统运行性能所发生的不期望的预期性能偏离。

#### 3.1.27

##### 额定短路电流 short-circuit current rating

$I_{scsr}$

用于给指定脱离器连接的SPD评级的电源系统的最大预期短路电流值。

#### 3.1.28

##### SPD 的脱离器 SPD disconnecter

把SPD从电源系统断开所需要的装置(内部的和/或外部的)

注: 这种断开装置不要求具有隔离能力, 它防止系统持续故障并可用来给出SPD故障的指示。脱离器可以是内部的(内置的)或者外部的(制造厂要求的)。可具有多于一种的脱离器功能, 例如过电流保护功能和热保护功能。这些功能可以组合在一个装置中或由几个装置来完成。

#### 3.1.29

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

外壳提供的防止触及危险的部件、防止外界固体异物进入和/或防止水的进入壳内的防护程度(见 GB 4208)。

#### 3.1.30

##### 型式试验 type tests

一种新的SPD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, 除非当设计改变以致影响其性能时, 才需重新做相关项目试验。

#### 3.1.31

##### 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。

#### 3.1.32

##### 验收试验 acceptance tests

经供需双方协议, 对订购的SPD或其典型试品所做的试验。

#### 3.1.33

---

**去耦网络 decoupling network**

在SPD通电试验时，用来防止电涌能量反馈到电网的装置。

注：有时称“反向滤波器”

**3.1.34 冲击试验的分类**

**3.1.34.1**

**I类试验 class I test**

使用冲击放电电流  $I_{imp}$ ，峰值等于冲击放电电流  $I_{imp}$  的峰值的8/20冲击电流和1.2/50冲击电压  $U_{imp}$  进行的试验。

**3.1.34.2**

**II类试验 class II test**

使用标称放电电流  $I_n$  和1.2/50冲击电压进行的试验。

**3.1.34.3**

**III类试验 class III test**

使用1.2/50电压，8/20电流的复合波发生器进行的试验。

**3.1.35**

**剩余电流装置 (RCD) residual current device (RCD)**

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

**3.1.36**

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

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

在SPD的间隙电极之间，发生击穿放电前的最大电压值。

**3.1.37**

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

冲击电流  $I_{imp}$  流过1Ω单位电阻时消耗的能量。

注：它等于电流平方对时间的积分  $W/R = \int i^2 dt$

**3.1.38**

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

$I_p$

在电路中的给定位置，如果用一个阻抗可忽略的连接短路时可能流过的电流。

注：这个预期的对称的电流用有效值 (rms) 表示。

**3.1.39**

**额定断开续流值 follow current interrupting rating**

$I_{fi}$

SPD 能不依靠脱离器动作而断开的预期短路电流。

**3.1.40**

**残流 residual current**

$I_{PE}$

SPD按制造厂的说明连接，施加参考电压电压 ( $U_{REF}$ ) 时，流过PE接线端子的电流。

**3.1.41**

**状态指示器 status indicator**

指示SPD或者SPD的一部分的工作状态的装置。

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

**3.1.42**

---

**输出触头** output contact

包含在与主电路分开的电路里并与SPD脱离器或状态指示器连接的触头。

**3.1.43**

**多极 SPD** multipole SPD

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

**3.1.44**

**总放电电流** total discharge current

$I_{Total}$

在总放电电流试验中, 流过多极SPD的PE或PEN导线的电流。

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

注2:  $I_{Total}$ 与根据IEC62305系列标准用作雷电保护等电位连接的 I 级试验SPD特别有关。

**3.1.45**

**参考试验电压** reference test voltage

$U_{REF}$

用于SPD测试的电压有效值。它取决于SPD的保护模式, 系统标称电压, 系统结构和系统内的电压调整。

注: 参考试验电压可基于制造厂根据7.1.1 b8中提供的信息从附录A 中选取

**3.1.46**

**短路型SPD的额定转换电涌电流**

$I_{trans}$

导致短路型SPD进入短路状态的8/20冲击电流, 该电流值大于标称放电电流

**3.1.47**

**间隙确定电压**

$U_{max}$

根据8.3.3得到的施加冲击时最大测量电压, 用于确定电气间隙。

**3.1.48**

**最大放电电流**

具有 8/20波形和制造厂声称幅值的流过SPD电流的峰值。  $I_{max}$  等于或大于  $I_n$ 。

**3.2 缩写**

下表1是本标准使用了的缩写的列表。

表1 缩写列表

缩写	含义	定义/条款
	<b>一般缩写</b>	
ABD	雪崩击穿器件	7.2.5.2
CWG	组合波发生器	3.1.22
RCD	剩余电流装置	3.1.35
DUT	待测试品	通用
IP	外壳防护等级	3.1.29
TOV	暂时过电压	通用
SPD	电涌保护器	3.1.1
k	过载性能的触发电流系数	表 20
Z <sub>f</sub>	(组合波发生器的) 虚拟阻抗	8.1.4 c)
W/R	I 类试验的比能量	3.1.37
T1, T2, and/or T3	I, II 和/或 III 类试验产品记号	7.1.1
t <sub>r</sub>	试验时 TOV 施加的时间	3.1.17
	<b>电压相关符号</b>	
U <sub>c</sub>	最大持续工作电压	3.1.11
U <sub>REF</sub>	参考试验电压	3.1.45
U <sub>oc</sub>	组合波发生器的开路电压	3.1.22, 3.1.23
U <sub>p</sub>	电压保护水平	3.1.14
U <sub>res</sub>	残压	3.1.16
U <sub>max</sub>	确定间距的电压	3.1.47
U <sub>T</sub>	暂时过电压值	3.1.17
	<b>电流相关符号</b>	
I <sub>imp</sub>	冲击电流	3.1.10
I <sub>max</sub>	II 类试验的最大放电电流	3.1.48
I <sub>n</sub>	标称放电电流	3.1.9
I <sub>f</sub>	续流	3.1.12
I <sub>fi</sub>	额定断开续流值	3.1.39
I <sub>L</sub>	额定负载电流	3.1.13
I <sub>CW</sub>	组合波发生器的短路电流	3.1.24
I <sub>SCCR</sub>	额定电路电流	3.1.27
I <sub>p</sub>	供电电源的预期短路电流	3.1.38
I <sub>PE</sub>	残流	3.1.40
I <sub>Total</sub>	过多极 SPD 的总放电电流试验	3.1.44
I <sub>trans</sub>	短路型 SPD 的额定转换电涌电流	3.1.46

## 4 使用条件

### 4.1 频率

电源的交流频率在 47 Hz 和 63 Hz 之间。

### 4.2 电压

持续施加在 SPD 的接线端子间的电压不应超过其最大持续工作的电压  $U_c$ 。

### 4.3 气压和海拔

气压在80kPa 到106 kPa。对应的海拔为+2000m到-500m。

### 4.4 温度

- 正常范围：-5°C 至 +40°C

注：这个范围对应于在没有温度和湿度控制的不受气候影响的场所使用的户内型SPD，对应于IEC60364-5-51中的外界影响代码AB4的特点。

- 扩展范围：-40°C 至 +70°C

注：这个范围对应于在受气候影响的场所使用的户外型SPD。

### 4.5 湿度

- 正常范围：5% 至 95%

注：这个范围对应于在没有温度和湿度控制的不受气候影响的场所使用的户内型SPD，对应于IEC60364-5-51中的外界影响代码AB4的特点。

- 扩展范围：5% 至 100%

注：这个范围对应于在受气候影响的场所使用的户外型SPD。

## 5 分类

制造厂应按照下列参数对SPD分类。

### 5.1 端口数

5.1.1 一端口

5.1.2 二端口

### 5.2 SPD 的设计类型

5.2.1 电压开关型

5.2.2 电压限制型

5.2.3 复合型

### 5.3 SPD 的 I、II 和 III 类试验

I、II和III类试验要求的试验项目见表1。

表 2 I、II 和 III 类试验

试验	试验项目	试验程序（见分条款）
I 类	$I_{imp}$	8.1.1;8.1.2;8.1.3
II 类	$I_n$	8.1.2;8.1.3
III 类	$U_c$	8.1.4;8.1.4.1

### 5.4 使用地点

#### 5.4.1 户内

SPD将被用于外壳内或者在建筑或者防护罩内。

#### 5.4.2 户外

安装在户外的外壳内或者防护罩内的SPD可认为是户内型SPD

### 5.5 易触及性

#### 5.5.1 易触及的

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

---

### 5.5.2 不易触及的

SPD 不可被非技术人员触摸到，或者是因为被安装到触摸距离之外（如安装在架空线上），或者是被置于安装后只能用工具打开的外壳内。

## 5.6 安装方式

### 5.6.1 固定的

### 5.6.2 移动的

## 5.7 SPD 的脱离器（包括过电流保护）

### 5.7.1 脱离器的位置

#### 5.7.1.1 内部的

#### 5.7.1.2 外部的

#### 5.7.1.3 二者都有（一部分内部和一部分外部）

### 5.7.2 保护功能

#### 5.7.2.1 热保护

#### 5.7.2.2 泄漏电流保护

#### 5.7.2.3 过电流保护

## 5.8 按 GB 4208 的 IP 代码的外壳防护等级

根据 IEC 60529 的 IP 代码

## 5.9 温度和湿度范围

### 5.9.1 正常的

### 5.9.2 极限的

## 5.10 电源系统

### 5.10.1 频率在 47Hz~63Hz 之间交流

### 5.10.2 频率在 47Hz~63Hz 之外交流

这可能需要一个额外的和/或修改的试验程序。

## 5.11 多极 SPD

## 5.12 SPD 的失效模式

### 5.12.1 开路（标准型 SPD）

### 5.12.2 短路（短路型 SPD）

## 6 SPD 优选值

注：优选值是指实践中经常使用的值。根据实际情况可选择更低或者更高的值。

### 6.1 I 类试验的冲击电流 $I_{imp}$ 优选值

峰值  $I$  1.0、2、5、10、12.5；20和25kA

电荷量  $Q$  0.5、1、2.5、5和10 As

比能量  $W/R$  0.25；1.0；6.25；25；39；100 和156kJ/ohm

### 6.2 II 类试验的标称放电电流 $I_n$ 优选值

0.05 0.1 0.25 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 5.0 10 15 和 20kA

### 6.3 III 类试验的开路电压 $U_{oc}$ 优选值

0.1 0.2 0.5 1 2 3 4 5 6 10 和 20kV

### 6.4 电压保护水平 $U_p$ 优选值

0.08 0.09 0.10 0.12 0.15 0.22 0.33 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.2 1.5  
1.8 2.0 2.5 3.0 4.0 5.0 6.0 8.0 和 10kV

### 6.5 交流有效值的最大持续工作电压 $U_c$ 的优选值

45 52 63 75 95 110 130 150 175 220 230 240 255 260 275 280 320 335  
350 385 400 420 440 460 510 530 600 635 690 800 900 1 000 1 500 1 800和2 000 V

## 7 技术要求

### 7.1 一般要求

#### 7.1.1 标识

制造厂至少应提供下列信息。

**强制要求位于SPD的本体上，或持久地标贴在SPD本体上标识：**

- a1) 制造厂名或商标和型号；
- a2) 最大持续工作电压（每种保护模式有一个电压值）；
- a3) 电流类型：交流频率或直流，或二者都行；
- a4) 制造厂声明的每种保护模式的试验类别和放电参数，并相互靠近打印这些参数；

I 类试验：

“I 类试验”和“ $I_{imp}$ ”及以 kA 为单位数值，  
和/或者“T1”（在方框内的 T1）和“ $I_{imp}$ ”及以 kA 为单位数值；

II 类试验：

“II 类试验”和“ $I_n$ ”及以 kA 为单位数值，  
和/或者“T2”（在方框内 T2）和“ $I_n$ ”及以 kA 为单位数值；

III 类试验：

“III 类试验”和“ $U_{oc}$ ”及以 kV 为单位数值，  
和/或者“T3”（在方框内 T3）和“ $U_{oc}$ ”及以 kV 为单位数值；

- a5) 电压保护水平  $U_p$ （每种保护模式有一个电压值）；
- a6) 外壳防护等级（当 IP>20 时）；
- a7) 接线端的标志（如果需要）；
- a8) 双端口或输入输出分开的单端口 SPD 的额定负载电流  $I_L$ ；

如果受空间限制不能标注以上所有标志，制造厂名称或商标和型号应标在电器上，其他标志可标在安装指导书上。

一个SPD可被分类成多于一个试验类别（例如试验类别I和试验类别II）。在这种情况下，对所有试验类别的试验要求必须实施。如果此时制造厂只声明一个电压保护水平，标识中应出现最高的电压保护水平。

#### 需随 SPD 提供的信息

- b1) 安装位置类别；（见 5.4）
- b2) 端口数量；
- b3) 安装方法；
- b4) 额定短路电流  $I_{scsr}$ （如免除，见 7.2.5.3）；
- b5) 外部脱离器的等级和特性；
- b6) 脱离器动作指示（如果有的话）；
- b7) 正常使用的位置（如果重要时）；
- b8) 安装说明
  - 低压系统的类型（TN 系统，TT 系统和 IT 系统）
  - 预期的连接方式（L-N, L-PE, N-PE, L-L）
  - SPD 设计用于的标称交流系统电压和最大允许的电压波动，机械尺寸和导线长度等
- b9) 温度和湿度范围；（见 4.4 和 4.5）
- b10) 额定断开续流值  $I_{fi}$ （除电压限制型 SPD 外）；
- b11) 残流  $I_{PE}$ （可选的）；
- b12) 短路型 SPD 的额定转换电涌电流  $I_{trans}$ ；

---

b13) 从任何可安装 SPD 的接地导电表面的最小距离

b14)  $I_{max}$  (可选)

**在产品样本上应出现的信息:**

c1) 暂时过电压  $U_T$  和/或根据附录 B 和相应连接细节中的 SPD 设计用于的电力系统类型;

c2) 多极 SPDs 的总放电电流  $I_{total}$  (如果制造厂声明) 和相应的试验等级

c3) 双端口 SPD 的电压降

c4) 双端口 SPD 的负载侧电涌耐受能力 (如果制造厂声明)

c5) 可更换部件的信息 (指示器, 熔断器, 等, 如适用)

c6) 电压提升率  $du/dt$  (如制造厂声明)

c7) 电流系数  $k$ , 如果不同于表 20

c8) 保护模式 (对于多于一个保护模式的 SPD)

**型式试验时制造厂应提供的信息**

d1) 是否有开关元器件 (见附录 C)

d2) 预处理试验中预期的续流 ( $\leq 500 A$  或  $> 500 A$ , 见附录 C)

d3) 如果状态指示器未使用认证过的在额定水平内工作的器件, 制造厂需给特定的元器件提供合适的试验标准进行试验

d4) 分开隔离电路的隔离和介电强度

d5) 根据 8.3.5.3.2 进行处理试验的预期短路电流

通过直观检查来验证一致性。

### 7.1.2 标志

标志应不易磨灭且易识别的, 不应标在螺钉和可拆卸的垫圈上。

注: 插入式 SPD 模块不认为是可移动 SPD。

通过 8.2 试验来检验其是否符合要求。

## 7.2 电气性能要求

### 7.2.1 防直接接触

当易触及的 SPD 的最大持续工作电压  $U_c$  高于交流有效值 50V 时, 这些要求是有效的。

为防直接接触 (导电部件的不易接触), SPD 应设计成按正常使用条件安装后其带电部件是不易触及的。

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

接地端子和所有与其相连的易接触的部件之间的连接应是低阻抗的。

根据 IEC 60529 和 8.3.1 的试验来检验其是否符合要求。

### 7.2.2 残流 $I_{PE}$

对所有带有 PE 端子的 SPD, 应按制造厂的说明连接, 在 SPD 的最大持续工作电压 ( $U_c$ ) 下及不带负载的条件下测量  $I_{PE}$ 。测得的残流应小于或等于制造厂的声明值。

通过 8.3.2 试验来检验其是否符合要求。

### 7.2.3 电压保护水平 $U_p$

SPD 的限制电压不应超过由制造厂规定的电压保护水平。

通过 8.3.3 的试验来检验其是否符合要求。

### 7.2.4 动作负载试验

在施加最大持续工作电压  $U_c$  时, SPD 应能承受规定的放电电流而使其特性没有不可接受的变化。

通过 8.3.4 的试验检验其是否符合要求。

### 7.2.5 脱离器和状态指示器

#### 7.2.5.1 脱离器

---

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

表3给出了在不同的型式试验过程中和之后要求的外部脱离器的性能。

表3给出了在型式试验的不同条款中包含外部脱离器的信息。在不同的型式试验过程中和之后要求的外部脱离器的性能，出现表4的合格判别标准F, G, H和J中，并通过8.3.5的试验来检查。

#### 7.2.5.2 热保护

SPD应防护由于劣化或过载造成的过热。

该试验不适用于仅包含电压开关元件和/或ABD装置的SPD。

通过8.3.5.2的试验检验其是否符合要求。

#### 7.2.5.3 短路电流性能

SPD应失效而不造成危险或能承受在SPD失效过程中可能发生的电源的预期短路电流。

通过8.3.5.3, 8.3.5.3.1和8.3.5.3.2的试验检验其是否符合要求。

8.3.5.3.1的试验仅适用于声称的续流遮断能力 $I_{fi}$ 小于试验电流值。

这些试验不适用于声称户外使用和安装在不可触及位置的SPD，以及仅连接在TN或TT系统的N-PE之间的SPD。

#### 7.2.5.4 状态指示器

##### 一般要求

制造厂应给出关于指示器功能以及状态指示变化后所采取措施的信息。

状态指示器可由二部分组成，这二部分由一个耦合机构连接，耦合机构可以是机械的，光学的，音响的和电磁的等。在更换SPD时被更换的这一部分，应如上所述试验，在更换SPD时不更换的另一部分至少应能增加50次操作。

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

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

#### 7.2.6 绝缘电阻

针对泄漏电流和防直接接触，SPD应有足够的绝缘电阻。

通过8.3.6的试验检验其是否符合要求。

#### 7.2.7 介电强度

针对绝缘击穿和防直接接触，SPD应有足够的介电强度。

通过8.3.7的试验检验其是否符合要求。

#### 7.2.8 暂时过电压下的性能

SPD应能通过8.3.8.1和8.3.8.2的TOV试验，并满足8.3.8.1, 8.3.8.2和附录B中相关表格的合格判定依据

注：8.3.8.1和8.3.8.2的试验不考虑电涌同时发生TOV故障的可能性。

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

制造厂在安装指导书中声明的安装在TT系统中RCD上游的N-PE之间的SPD，应通过8.3.8.2中TOV的耐受模式的合格判别标准。

注：这涵盖了IEC60364-5-53中534.2.3.3中描述的应有情况。

##### 7.2.8.1 低压系统故障或干扰造成的 TOV

如果SPD的 $U_c$ 高于或等于 $U_i$ ，无需进行本试验。

通过8.3.8.1的试验检验其是否符合要求。

##### 7.2.8.2 中高压系统或故障造成的 TOV

---

如果SPD的 $U_c$ 高于或等于 $U_i$ ，无需进行本试验。  
通过8.3.8.2的试验检验其是否符合要求。

## 7.3 机械性能要求

### 7.3.1 安装

SPD应提供适当的安装方式以确保机械稳定性。  
应提供机械编码或互锁来防止插入式SPD模块和底座的不正确的组合。  
通过直观检查来验证符合性。

### 7.3.2 螺钉，载流部件和连接

通过检查和试装和8.4.1的试验来检验其是否符合要求。

### 7.3.3 外部连接

外部连接应有可能使用以下的方式之一：

- 螺钉接线端子和螺栓连接；
- 无螺钉接线端子；
- 绝缘刺穿连接；
- 快速平接端子；
- 飞线；
- 其他等的方法；

或

- 标准插头和/或插座。

以下的要求不适用于标准插头和/或插座：

端子应被设计成可连接8.4.2中规定的最大和最小截面积的电缆。

接线端子应这样固定或定位，当紧固螺钉或锁紧螺母拧紧或拧松时，接线端子不应从SPD的固定位置上松脱。需要一件工具来拧松紧固螺钉或锁紧螺母。

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

#### 7.3.3.1 螺钉端子

- a) 用于紧固导体的螺钉和螺母应具有公制ISO的螺纹或节距和机械强度均类似的螺纹。  
注：SI、BA和UN螺纹可以暂时使用，因为它们在螺距和机械强度方面与公制的ISO螺纹实际上是等效的。
- b) 接线端子应这样固定或定位，当紧固螺钉或螺母拧紧或拧松时，接线端子不应从SPD的固定位置上松脱。

这些要求不是指接线端子应如此设计以至必须阻止其转动或位移，但是对任何移动必须加以充分地限制以防止不符合本部分要求。

要符合下列要求，使用密封化合物或树脂就认为足以防止接线端子松动：

- 密封化合物或树脂在正常使用时不遭受压力，和
- 在本部分规定的最不利的条件下，接线端子达到的温升不影响密封化合物或树脂的效果。

- 
- c) 用于连接保护导体的接线端子的紧固螺钉或螺母应具有足够的可靠性以防止意外的松动。
  - d) 螺钉不应使用软质和容易移动的金属制造，如锌和铝。  
通过 8.4.2.1 的试验和检查来检验其是否符合要求。

#### 7.3.3.2 无螺钉端子

接线端子应设计成如下结构：

- a) 每个导体被单独地紧固。当连接或断开导体时能同时或者分别地连接或断开。
- b) 能可靠地紧固允许的最大值及以下的任何数量的导体。

通过直观检查和 8.4.2.2 的试验来检验其是否符合要求。

#### 7.3.3.3 绝缘穿刺

通过直观检查和 8.4.2.3 的试验来检验其是否符合要求。

#### 7.3.3.4 快速平接端子

通过直观检查和 8.4.2.4 的试验(考虑中)来检验其是否符合要求。

#### 7.3.3.5 软导线连接（飞线）

通过直观检查和 8.4.2.5 的试验来检验其是否符合要求。

#### 7.3.3.6 标准插头或插座

插头和插座应符合相关国家和国家标准的要求（如IEC 60884-1，IEC60320系列）。

#### 7.3.4 电气间隙和爬电距离

SPD 应具有足够的电气间隙和爬电距离。

通过8.4.3的试验检验其是否符合要求。

#### 7.3.5 机械强度

SPD与防直接接触有关的所有部件应有足够的机械强度。

通过8.4.4的试验来检验其是否符合要求。

### 7.4 环境要求

SPD应该在条款4中指定的服务环境下能令人满意地使用。

#### 7.4.1 外壳防护（IP代码）

SPD 应该具备符合制造厂声明的 IP 代码的外壳，用以防止固体和水的入侵。

通过直观检查和 8.5.1 的测试来验证符合性。

#### 7.4.2 耐热

SPD应有足够的耐热性。

通过8.3.5.1,8.5.2和8.5.3的试验检验其是否符合要求。

#### 7.4.3 阻燃

外壳的绝缘材料应阻燃或自熄。

通过8.5.4的试验检验其是否符合要求。

#### 7.4.4 耐漏电起痕

通过 8.5.5 的试验检验可能在不同电极之间产生导电路径的绝缘材料的起痕指数。

如果爬电距离大于等于 8.4.3 中指出值的 2 倍，或者绝缘材料是由陶瓷，云母或类似材料制成，则不需进行试验。

#### 7.4.5 电磁兼容

##### 7.4.5.1 电磁抗扰度

不包含电子电路或包含其中所有元件都是无源的（例如二极管、电阻、电容、电感、压敏电阻和其他电涌保护元件）的电子电路的 SPD 对正常使用下的电磁干扰不敏感，因此无需进行抗扰性试验。对

---

于包含敏感电子电路的 SPD，参考 IEC 61000 系列标准。

#### 7.4.5.2 电磁发射

不包含电子电路或包含正常使用中不产生超过 9kHz 的基波频率的 SPD，电磁干扰只会在保护操作中产生。这些干扰的持续时间在毫妙到微妙的数量级。

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

包含在 9kHz 或更高频率下动作的开关功能电子电路的 SPD，参考 IEC 61000 系列标准。

#### 7.5 特殊 SPD 设计的附加要求

##### 7.5.1 二端口和输入/输出分开的一端口的 SPD

###### 7.5.1.1 额定负载电流 $I_n$

制造厂应声明额定负载电流。

通过 8.6.1.1 的试验检验其是否符合要求。

###### 7.5.1.2 过载特性

SPD 不应被正常使用中出现的过载损坏或造成性能的改变。

按 8.6.1.2 检查是否符合本要求。

###### 7.5.1.3 负载侧额定短路电流

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

通过 8.6.1.3 的试验检验其是否符合要求。

##### 7.5.2 户外型 SPD 的环境试验

户外型 SPD 应能充分抵御紫外线 (UV) 辐射和侵蚀。

试验程序参考 8.6.2 和附录 F。

##### 7.5.3 具有分离隔离电路的 SPD

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

如果有超过两个电路，应针对每个电阻组合进行声明。

主回路和分开隔离电路之间隔离性和介电强度电压应通过 8.3.6 和 8.3.7 进行测试。

##### 7.5.4 短路型 SPD

这种 SPD 在根据它们转换电涌等级  $I_{trans}$  的电涌电流过载作用之后，应能耐受它们声明额定短路电流下的短路电流试验。

通过 8.6.4 的试验检验其是否符合要求。

#### 7.6 制造商可能声称的附加要求

##### 7.6.1 单端口或双端口 SPD

###### 7.6.1.1 总放电电流 $I_{total}$ (对多极 SPD)

当制造厂声明总放电电流是才进行该试验。通过 8.7.1 的试验检验其是否符合要求。

##### 7.6.2 仅对双端口 SPD

###### 7.6.2.1 电压降

按照 8.7.2 试验检查由制造厂规定电压降。

###### 7.6.2.2 负载侧电涌耐受水平

当制造厂规定负载侧电涌耐受能力值时，应按 8.7.3 进行试验。

###### 7.6.2.3 电压上升率 $du/dt$

当制造厂规定包含滤波器件的双端口 SPD 的  $du/dt$  值时，应按 8.7.4 进行试验。

#### 8 型式试验

型式试验按表3进行，每个试验系列用三个试品。在任何试验系列中，试验按表3规定的次序进行，试验系列的次序可改变。对于每种结构/端子类型，必须在三个端子样品上进行端子的测量（一只具有至少三个相同端子的SPD可满足端子的要求）。

如果所有相关试验条款和合格判定的要求都满足，这个试品通过表3的试验次序。

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

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

如果制造厂同意，三个一组试品可以用于多于一个试验系列。

注：对于根据8.3.5.3中短路型SPD的性能，需要特殊准备的试品。

如果SPD是某一产品中的一个独立部分，而该产品符合其它的标准，则该标准的要求适用于产品中不属于SPD的那些部分。该SPD必须符合本文的一般要求(7.1)，电气要求(7.2)，环境和材料要求(7.4)，其他标准的机械方面的要求也适用于SPD。

### 8.1 一般试验程序

如果没有其它规定，试验程序的参考标准是IEC 61180-1。

除非另有规定，本部分给出的交流值是有效值（r.m.s）。

SPD应按照制造厂的安装程序安装和进行电气连接。不应采用外部冷却或加热。

当没有其它规定时，试验应在大气中进行，周围温度应是  $20^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$ 。

如果没有其它规定，对所有试验中要求的电源电压  $U_{\text{REF}}$  或  $U_c$ ，它的试验电压允差为  $U_{c-5}\%$ 。

当制造厂把电缆作为整体供货的SPD试验时，完整长度的电缆应作为被试SPD的一部分。

如果无其他指定，试验期间不允许对SPD进行维护或拆卸。根据表3要求，应按制造厂的要求选择并连接外部SPD脱离器。

应该在制造厂声明的每一个保护模式上进行所有的试验。但是如果有一些保护模式具有相同的电路，在最脆弱的保护模式上进行一次单次试验即可，每次试验使用新的试品。

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

对有可能根据制造厂指引用在缺零系统中的有指定N端子的SPD，需另外在不连接N极下进行针对L-PE保护模式的试验。

如根据表3需使用棉纸的情况下：

- 对于固定式SPD：棉纸需固定在除安装面之外，距离试品各个方向  $100\text{mm} \pm 20\text{mm}$ 。
- 对于移动式SPD：棉纸需松散地包裹在SPD的所有面，包括底面

如根据表3要求，一个金属屏栅需固定靠近在SPD所有表面，最小距离根据7.1.1 b13) 中规定。具体细节，包括金属屏栅和SPD的距离需记录在测试报告中。金属屏栅需具备以下特性：

- 结构
  - 编织金属丝网
  - 穿孔金属或金属板网
- 孔面积/总面积的比例：0.45-0.65
- 孔尺寸不超过  $30\text{mm}^2$ 。
- 面处理：裸露或导电电镀
- 电阻：金属屏栅最远处点到金属屏栅连接点的电阻比较足够小到不会限制屏栅电路的短路电流。

金属屏栅需通过一个6A gL/gG熔断器连接到SPD待测试的一个端子上。每次施加短路后，屏栅的连接应更换到SPD的另一个端子。

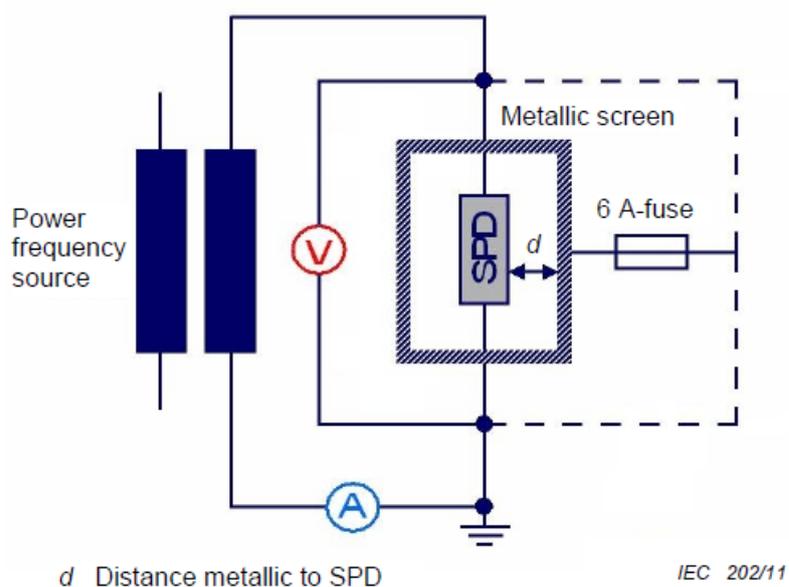


图1 金属屏栅的试验布置

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

在型式试验的整个过程中，指示器显示的状态必须清晰地给出它所连接部件状态的信号。如果有多余一种的状态指示方法，例如本地的和遥信的，每一种指示都要检测。

应该注意，进行冲击试验和测量时，需要良好的试验技术以确保记录正确的试验值。

在根据本标准内试验条件进行测试时，SPD不能产生任何危害。

表3 适用于SPD的型式试验要求

试验系列	试验项目	分条款 要求/测试方法	连接外部 脱离器	使用 薄纸	使用金 属屏栅	试验级别		
						I	II	III
1	标识和标志	7.1.1/7.1.2/8.2	-	-	-	A	A	A
	安装	7.3.1	-	-	-	A	A	A
	接线端子和连接	7.3.2/7.3.3/8.4.2	-	-	-	A	A	A
	防直接接触试验	7.2.1/8.3.1	-	-	-	A	A	A
	环境, IP 代码	7.4.1/8.5.1	-	-	-	A	A	A
	残流	7.2.2/8.3.2	-	-	-	A	A	A
	动作负载试验	7.2.4/8.3.4 <sup>b</sup>						
	I, II, III 级 动作负载试验	8.3.4.2/ 8.3.4.3/8.3.4.5	A	-	-	A	A	A
	I 级试验的附加 动作负载试验	8.3.4.4	A	-	-	A	-	-
	热稳定性试验	7.2.5.2 / 8.3.5.2	A	-	-	A	A	A
	电气间隙和爬电 距离	7.3.4 / 8.4.3	-	-	-	A	A	A
	球压试验	7.4.2 / 8.5.3	-	-	-	A	A	A
	耐非正常热和火	7.4.3 / 8.5.4	-	-	-	A	A	A
耐漏电起痕	7.4.4 / 8.5.5	-	-	-	A	A	A	
2	电压保护水平	7.2.3/8.3.3						
	残压	8.3.3.1	-	-	-	A	A	-
	波前放电电压	8.3.3.2	-	-	-	A	A	-
	用复合波测限制 电压	8.3.3.3	-	-	-	-	-	A
2a	见下-仅如适用							
2b	见下-仅如适用							
3	绝缘电阻	7.2.6 / 8.3.6	-	-	-	A	A	A
	介电强度	7.2.7 / 8.3.7	-	-	-	A	A	A
3a	见下-仅如适用							
	机械强度	7.3.5 / 8.4.4	-	-	-	A	A	A
	耐热试验	7.2.5 / 8.3.5.1 <sup>b</sup>	-	-	-	A	A	A
3b <sup>c</sup>	见下-仅如适用							
3c	见下-仅如适用							
4 <sup>c</sup>	耐热试验	7.4.2 / 8.5.2	-	-	-	A	A	A
	TOV 试验	7.2.8 / 8.3.8						

	低压侧故障引起的 TOV	7.2.8.1/8.3.8.1	A	A	-	A	A	A
	高中压侧故障引起的 TOV	7.2.8.2/8.3.8.2 <sup>b</sup>	A	A	-	A	A	A
5 <sup>c</sup>	短路电流特性试验	7.2.5.3 / 8.3.5.3	A	-	A	A	A	A
<b>二端口和输入/输出端子分开的一端口的附加试验</b>								
3c <sup>c</sup>	额定负载电流	7.5.1.1 / 8.6.1.1	A	-	-	A	A	A
	过载特性	7.5.1.2 / 8.6.1.2b	-	-	-	A	A	A
2b	负载侧短路电流特性	7.5.1.3 / 8.6.1.3 <sup>b</sup>	A	-	A	A	A	A
<b>制造厂声明的附加试验</b>								
3b	电压降	7.6.2.1 / 8.7.2	-	-	-	A	A	A
2a <sup>c</sup>	负载侧冲击耐受	7.6.2.2 / 8.7.3b	A	-	-	A	A	A
6	多级 SPD 的总放电电流试验	7.6.1.1 / 8.7.1b	-	-	-	A	A	-
<b>户外型 SPD 的附加试验</b>								
7	对定义成“户外型”SPD	7.5.2 / 8.6.2	-	0	-	A	A	-
<b>分离独立电路 SPD 的附加试验</b>								
3a	分离电路的隔离性	7.5.3/ 8.3.6 /8.3.7	-	-	-	A	A	A
<b>短路型 SPD 的附加试验</b>								
8	特性转换过程 (预处理试验)	7.5.4 / 8.6.4	-	-	-	-	A	-
	冲击耐受试验 (在短路状态下)	7.5.4 / 8.6.4	-	-	-	-	A	-
	短路电流性能试验 (在短路状态下)	7.5.4 / 8.6.4	A	-	A	-	A	-
A=适用 -=-不使用 0=可选 <sup>a</sup> 连接外部脱离器意思是在型式试验过程中, 制造厂声明的外部脱离器应和 SPD 一起测试, 除了在 8.3.4 的动作负载试验中, RCD 不进行测试。 <sup>b</sup> 对于这些试验, 根据表 4 进行初始泄漏电流测量, 合格判别标准 E 可能有用到。 <sup>c</sup> 对于这个试验序列, 可能会用到多于一组的样品								

表 4 型式试验的通用合格判别标准

A	必须达到热稳定。在施加 $U_c$ 电压的最后 15min, 如果电流 $I_c$ 的阻性分量峰值或功耗呈现出下降的趋势或没有升高, 则认为 SPD 是热稳定的。如果试验本身是加电 $U_c$ 进行的, 则不间断的继续保持加电 15 分钟, 或在 30s 内重新加电。
B	电压和电流波形图及目测检查试品应没有击穿或闪络的迹象。
C	试验过程中不应发生可见的损害。试验后, 检查发现的细小的凹痕或裂缝如不影响防直接接触, 则可以忽略, 除非 SPD 的防护等级 (IP 代码) 被破坏。试验后, 试品上不应有燃烧的痕迹。
D	试验后所测量的电压值应小于或等于 $U_c$ 。应使用 8.3.3 的试验来确定限制电压。但 8.3.3.1 的试验, 对试验级别 I 只采用峰值为 $I_{imp}$ 的 8/20 冲击电流, 对试验级别 II 采用峰值为 $I_n$ 的 8/20 冲击电流。对试验级别 III, 则根据 8.3.3.3 采用 $U_{oc}$ 进行试验。
E	<p>试验后, 不应有过量的泄漏电流。</p> <p>试品根据制造厂指示按正常使用连接到参考试验电压 <math>U_{ref}</math> 的电源, 测量流过每个端子的电流。电流的阻性分量 (在正弦波峰处测量) 不应超过 1mA, 或者电流不应超过在相关试验初始时测量结果 20%。</p> <p>任何可重置或装配的脱离器应手动分断 (如适用), 应施加 2 倍 <math>U_c</math> 或 1000V 交流电压 (二者间高的) 来检查绝缘强度。试验过程中, 无绝缘的闪络, 击穿, 包括内部的 (击穿) 或外部的 (痕迹) 或发生其他破坏性放电的迹象。</p> <p>此外, 对于仅连接 N-PE 的 SPD 模式, 应测量流过 PE 端子的电流, 此时将 SPD 的端子连接到最大持续工作电压 <math>U_c</math> 的电源。电流的阻性分量 (在正弦波峰值处测量) 不应超过 1mA, 或者电流不应超过在相关试验初始时测量结果 20%。</p> <p>正常使用中如果有超过一个的连接布置, 应检查每一个可能的连接布置。</p>
F	<p>试验时, 制造厂规定的外部脱离器不应动作; 试验后, 脱离器应处在正常工作状态。</p> <p>本条款中, 正常工作状态是指脱离器未发生损坏, 可继续操作。操作性可通过手动进行检查 (在可能的地方), 或在制造厂和实验室协议下通过简单的电气试验来检查。</p>
G	<p>试验时, 制造厂规定的内部脱离器不应动作; 试验后, 脱离器应处在正常工作状态。</p> <p>本条款中, 正常工作状态是指脱离器未发生损坏, 可继续操作。操作性可通过手动进行检查 (在可能的地方), 或在制造厂和实验室协议下通过简单的电气试验来检查。</p>
H	脱离必须通过一个或多个内部和/或外部脱离器来实现, 必须检查它们是否给出正确的状态指示。
I	对防护等级大于或等于 IP20 的 SPD, 使用标准试指施加一个 5 N 的力 (见 IEC 60529) 不应触及带电部件, 除了 SPD 按正常使用安装后在试验前已可触及的带电部分外。
J	<p>如果试验过程中发生脱离 (内部或外部), 对应保护元件的有效脱离应该有清晰的指示。</p> <p>如果发生内部脱离, 试品按正常使用连接到额定频率的最大持续工作电压 <math>U_c</math> 保持 1 分钟。试验电源应有大于等于 200mA 的短路电流容量, 流过相关保护元件的电流不应超过 1mA。</p> <p>流过与相关保护元件并联的元件或其他电路 (如指示器电路) 的电流可忽略, 只要它们不会造成电流流过相关保护元件。</p> <p>此外, 如果有的话, 流过 PE 端子的电流, 包括并联电路和其他电路 (如指示器电路), 不应超过 1mA。</p> <p>正常使用中如果有超过一个的连接布置, 应检查每一个可能的连接布置。</p>
K	电源流出的短路电流, 如果有的话, 应该在 5s 内通过一个或多个内部和/或外部脱离器切断。
L	薄纸不应燃烧。
M	不应有对人员或设备产生的爆炸或其他危险。
N	不应有对屏栅的闪络, 试验过程中连接屏栅的 6A 熔断器不应动作。

0	试验结束后，试品应冷却室温后，并连接到电压为 $U_c$ 的电源 2 小时。 加电过程中应监测残流，残流不应超过试验开始时测量值的 10%。
---	---

表 5 合格判别标准和型式试验的交叉参照

合格判据条款	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
8.3.3.4		A	A						A				A		
8.3.4.6	A	A	A	A	A	A	A						A		
8.3.5.1			A				A								
8.3.5.2			A					A	A	A			A		A
8.3.5.3 a)			A					A	A	A	A		A	A	
8.3.5.3 b)			A					C	A	C	C		A	A	
8.3.5.3.1			A					A	A	A	A		A	A	
8.3.5.3.2			A					C	A	C			A	A	
8.3.8.1 a)			A					A	A	A	A	A	A		
8.3.8.1 b)	A	A	A	A	A	A	A		A			A	A		
8.3.8.2 a)			A					A	A	A	A	A	A		
8.3.8.2 b)	A	A	A	A	A		A		A		A	A	A		
8.5.2			A						A						
8.6.1.1			A			A	A								
8.6.1.2 a)			A					A	A	A			A		
8.6.1.2 b)			A	A	A				A						
8.6.1.3 a)			A		A			A	A	A	A		A	A	
8.6.1.3 b)			A	A	A			A	A	A	A		A	A	
8.6.4.2			A						A				A		
8.6.4.3			A					A	A	A	A		A	A	
8.7.1		A	A	A	A		A		A				A		
8.7.3	A	A	A	A	A	A	A								

A 适用  
C 有条件适用

### 8.1.1 用于I类附加动作负载试验的冲击放电电流

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

冲击持续时间不应超过5ms。

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

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

$$Q = I_{imp} \times a \quad \text{其中 } a = 5 \times 10^{-4} \text{ s}$$

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

表 6 I 级试验参数

$I_{peak}$ 在50 $\mu$ s内 kA	Q 在5 ms内 As	$W/R$ 在5 ms内 kJ/ $\Omega$
25	12.5	156
20	10	100
12.5	6.25	39
10	5	25
5	2.5	6.25
2	1	1
1	0.5	0.25

注：冲击试验符合上述参数的可能方法之一GB/T 21714.1中规定的10/350波形。

电流峰值 $I_{peak}$ 和电荷量 $Q$ 的允差是：

- $I_{peak}$             -10%/+10%
- $Q$                  -10%/+20%
- $W/R$              -10%/+45%

### 8.1.2 用于 I 类和 II 类残压与动作负载的冲击电流

标准电流波形是8/20。流过试品的电流波形的允许误差如下：

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

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

对于二端口电器，反向电流的幅值应小于5%，使它不至于影响限制电压。

### 8.1.3 用于 I 类和 II 类放电试验的冲击电压

标准电压波形是1.2/50。在待测试品（DUT）连接处的开路电压波形的允许误差如下：

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

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

在冲击电压峰值的0%到80%的上升部分上的振幅不允许超过峰值的3%。

测量设备整个带宽至少应为 25 MHz，并且过冲应小于3%。

试验发生器的短路电流应小于20%的标称放电电流 $I_n$ 。

### 8.1.4 用于 III 级试验的复合波

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 $1.2\mu\text{s}$ ，至半峰值时间为 $50\mu\text{s}$ 。短路电流的波前时间为 $8\mu\text{s}$ ，至半峰值时间为 $20\mu\text{s}$ 。

注：为进一步了解本条款，可见 IEEE C62.45: 2009。

在发生器没有反向滤波器时测量下列值。

a) 在待测试品 (DUT) 连接处的开路电压  $U_{oc}$  的允许误差如下：

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

这些允差只针对发生器本身，不连接任何SPD或者电源线路。

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

在冲击电压峰值的0%到80%的上升部分上的振幅不允许超过峰值的3%。

测量设备整个带宽至少应为 25 MHz，并且过冲应小于3%。

b) 在待测试品 (DUT) 连接处的短路电流的允许误差如下：

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

无论连接或者不连接电源线路，这些发生器的允差都需要满足。是否连接电源线路取决于试验是否需要加电或不加电。

只要波峰处单个波峰的幅值小于峰值的5%，电流过冲或振荡是允许的。在电流下降到零后的任何极性反向的电流应小于峰值的30%。

c) 试验设置：

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

以上的波形和允差要求只用于在制造厂声明的  $U_{oc}$  上的试验，这可能要求发生器进行一些调整。对于条款8.3.3.3 b) 内小于  $U_{oc}$  的试验，必须使用相同的设置，无需进行设备调整。

发生器的耦合元件倾向于使用最大持续工作电压  $U_c$  尽可能接近被测元件的压敏电阻元件，从而确保不同测试实验室间结果的可比性。

注：由于发生器耦合元件的非线性而影响在  $U_{oc}$  的不同设置下整个发生器的阻抗，这避免了在试验设置上过多的努力。

开路电压的峰值和短路电流的峰值的最大值分别为20 kV和 10 kA。在这些值 (20 kV /10 kA) 以上，应进行II类试验。

加电试验中是否使用去耦网络取决于SPD的内部设计：

- 如果SPD不包含感性元件，不需要去耦网络。
- 如果SPD包括感性元件，但不包含任何电压开关元件，倾心于不使用去耦网络，或根据8.1.4.1使用备选试验流程来进行8.3.3中的限制电压试验。
- 如果SPD包括感性元件和电压开关元件，不应使用去耦网络。

耦合元件和去耦网络只在加电试验中需要用到。

去耦网络的例子见图2或图3。此电路配置仅用于确定SPD的限制电压。

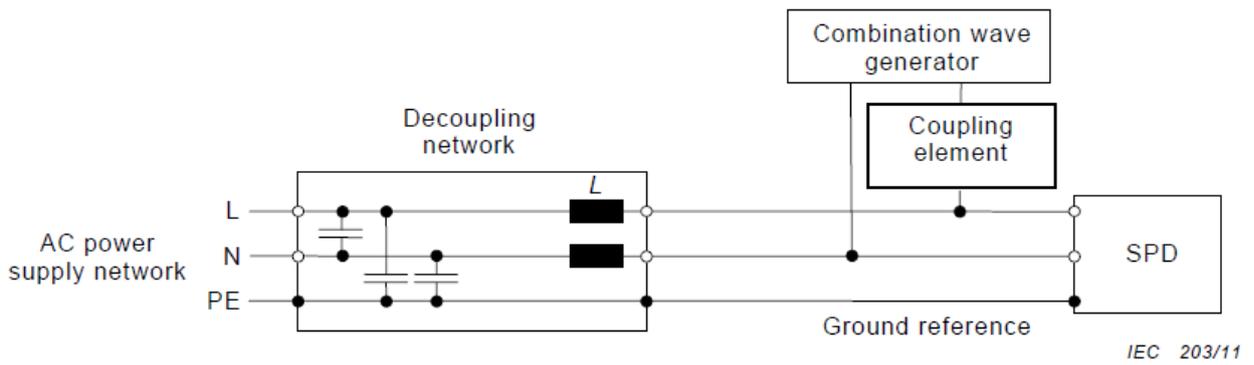


图 2 用于单相电源去耦网络的示例

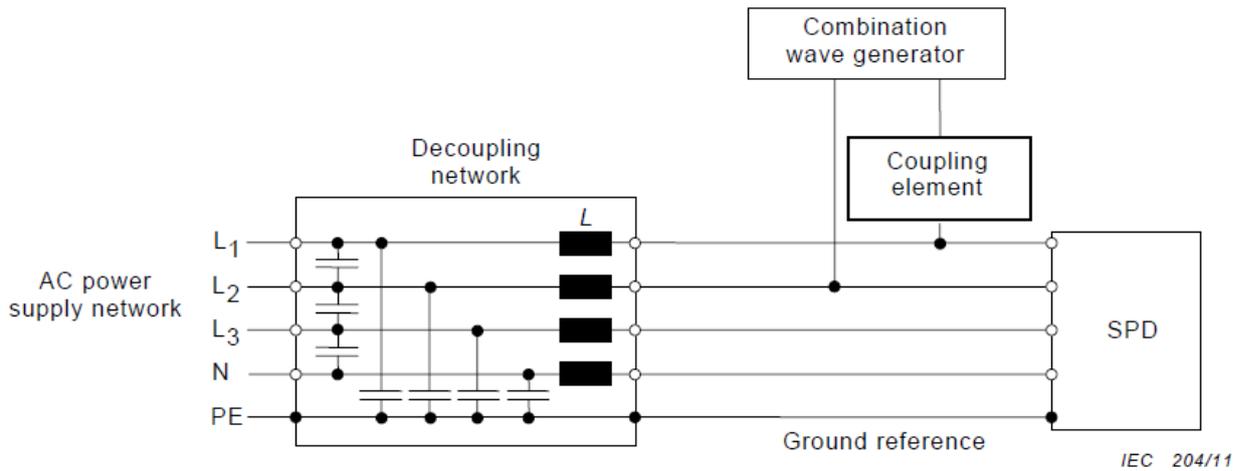


图 3 用于三相电源去耦网络的示例

#### 8.1.4.1 无需去耦网络进行限制电压试验（8.3.3）的备选试验电路

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

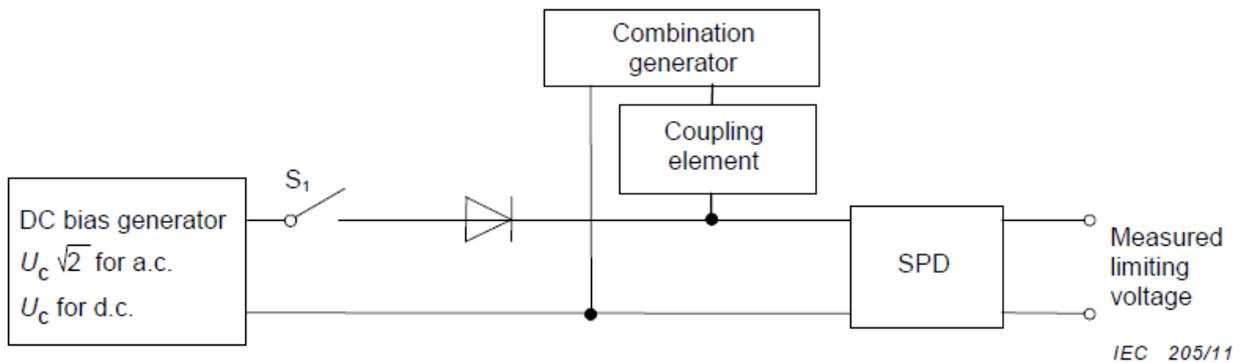


图 4 测量限制电压的替代试验

- 对于交流 SPD，通过一个二极管对其施加  $\sqrt{2} U_c$  的直流电压。按图 4 通过一个二极管、气体放电管或压敏电阻施加冲击。
- 在  $S_1$  闭合至少  $100 \text{ ms}^{+10\%}_0$  后，才能施加冲击。施加冲击后，在 10 ms 内切断直流电压。
- 把 SPD 与发生器的连接反向，进行相反极性的试验。

#### 8.2 标志的耐久性试验

---

除了用压印、模压和雕刻方法制造外，应对所有型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15s，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/m<sup>3</sup>）的棉花擦15s。

试验后，标志应清晰可见。

### 8.3 电气试验

#### 8.3.1 防直接接触试验

##### 8.3.1.1 绝缘部件

试品按正常使用条件安装，连接8.4.2规定的最小截面积的导体进行试验，然后用8.4.2规定的最大截面积的导体重复试验。

标准试指（按IEC 60529）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40V和不高于50V的电气指示器来显示与有关部件接触。指示器的一侧连接在样品的所有连在一起的带电端子，另一侧连接到试验试指来检查是否触摸到带电部件。

##### 8.3.1.2 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。

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25A，两者选较大值（交流电源的空载电压不超过12V）。

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。

##### 8.3.2 残留 I<sub>PE</sub>

SPD按制造厂的说明正常连接，电压调整到参考试验电压(U<sub>REF</sub>)。

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。

注2:应测量真有效值电流。

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

#### 合格判别标准

测量得到的残留不应超过制造厂根据7.1.1b11声称的值。

##### 8.3.3 确定限制电压

按表7和流程图5，对不同类型的SPD进行试验，确定其限制电压。

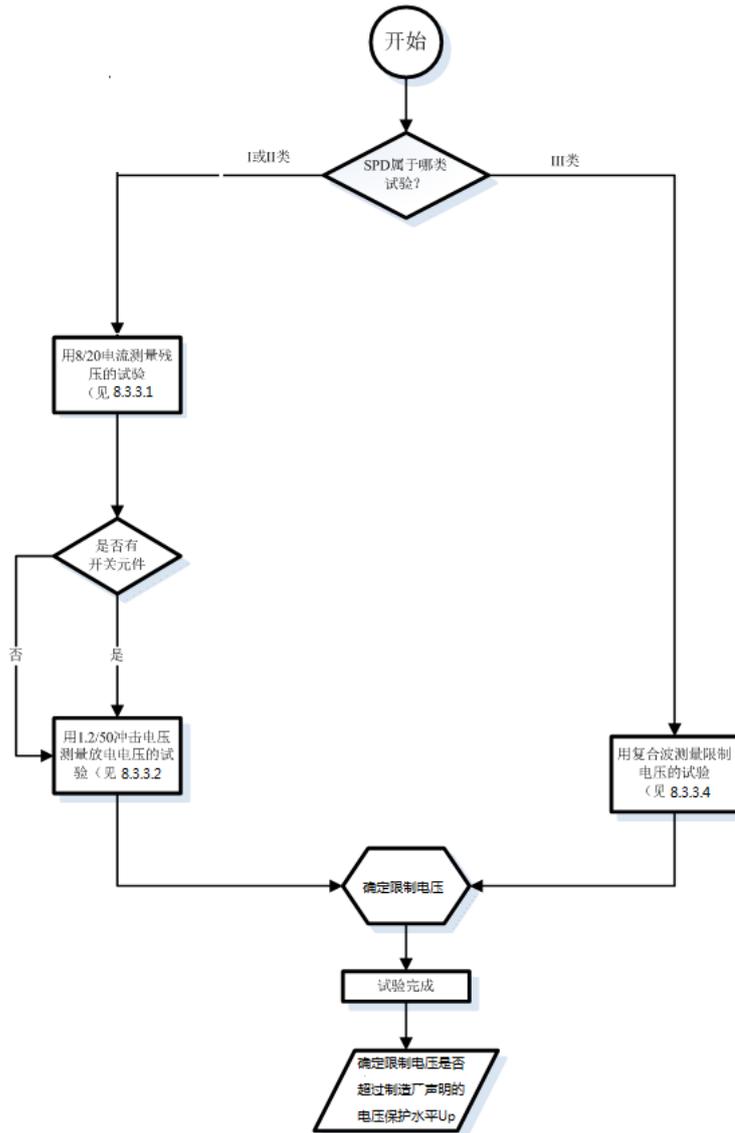


图5 确定电压保护水平 $U_p$ 的试验流程图

表7 确定测量限制电压需进行的试验

	I 类	II 类	III 类
8.3.3.1 试验	×	×	
8.3.3.2 试验	×*	×*	
8.3.3.3 试验			×
*仅对电压开关型和复合型 SPD 进行试验。			

试验时，采用下列特定试验条件：

- 所有一端口的 SPD 应不通电试验。
- 所有二端口的 SPD 必须根据 8.3.3.1 和 8.3.3.3 进行通电试验，其电源电压在  $U$  时的标称电流至少 5A。在电压正弦波得  $(90 \pm 5)^\circ$  施加正极性脉冲，在  $(270 \pm 5)^\circ$  施加负极性脉冲。
- 对于具有端子的一端口 SPD，进行试验时不带外接脱离器，在端子上测量限制电压。对于具有连接导线的一端口 SPD，用 150 mm 长度的外接导线测量限制电压。对于二端口的 SPD 和具有负载接线端子分开的一端口的 SPD，在 SPD 的负载端口或负载接线端子测量限制电压，在输入端口或端子测量  $U_{max}$ 。
- 限制电压和  $U_{max}$  是根据表 7 和图 5 和相应 SPD 试验级别的试验获得

### 8.3.3.1 用 8/20 冲击电流测量残压的试验步骤

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

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

- f) 决定  $U_{max}$  的值是在  $I_n$ ,  $I_{max}$  或  $I_{imp}$  下的最大残压, 取决于 SPD 的试验等级。

### 8.3.3.1 测量波前放电电压的试验步骤

使用 1.2/50 冲击电压, 发生器开路输出电压设定为 6kV。

- a) 对 SPD 施加 10 次冲击, 正负极性各 5 次。
- b) 每次冲击的间隔时间应足以使试品冷却到环境温度。
- c) 如果对波前施加的 10 次冲击中的任一次没有观察到放电, 然后把发生器的开路输出电压设定为 10kV, 重复上述 a) 和 b) 的试验。
- d) 用示波器记录 SPD 上的电压。
- e) 测得的限制电压是整个试验程序中的最大放电电压。

### 8.3.3.2 用复合波测量限制电压的试验程序

使用复合波进行本试验。

- a) 每次冲击的间隔时间应足以使试品冷却到环境温度。
- b) 设定复合波发生器的电压, 使输出的开路电压为制造厂对 SPD 规定  $U_c$  的 0.1; 0.2; 0.5 和 1.0 倍。如果 SPD 仅包括电压限制元件, 仅需要在  $U_c$  下进行本试验。
- c) 用上述这些发生器的整定值, 每种幅值对 SPD 施加 4 次冲击, 正负极性各 2 次。
- d) 每次冲击时, 应用示波器记录从发生器流入 SPD 的电流和在 SPD 输出端口的电压。
- e) 测得的限制电压和  $U_{max}$  是在整个试验程序中记录的最大放电电压。

注: 这可能是放电电压或残压, 取决于 SPD 的设计。

### 8.3.3.3 所有测量限制电压试验的合格判别标准

必须符合表 4 中的合格判别标准 B, C, I 和 M。

### 8.3.4 动作负载试验

见动作负载试验的流程图(图 6)。

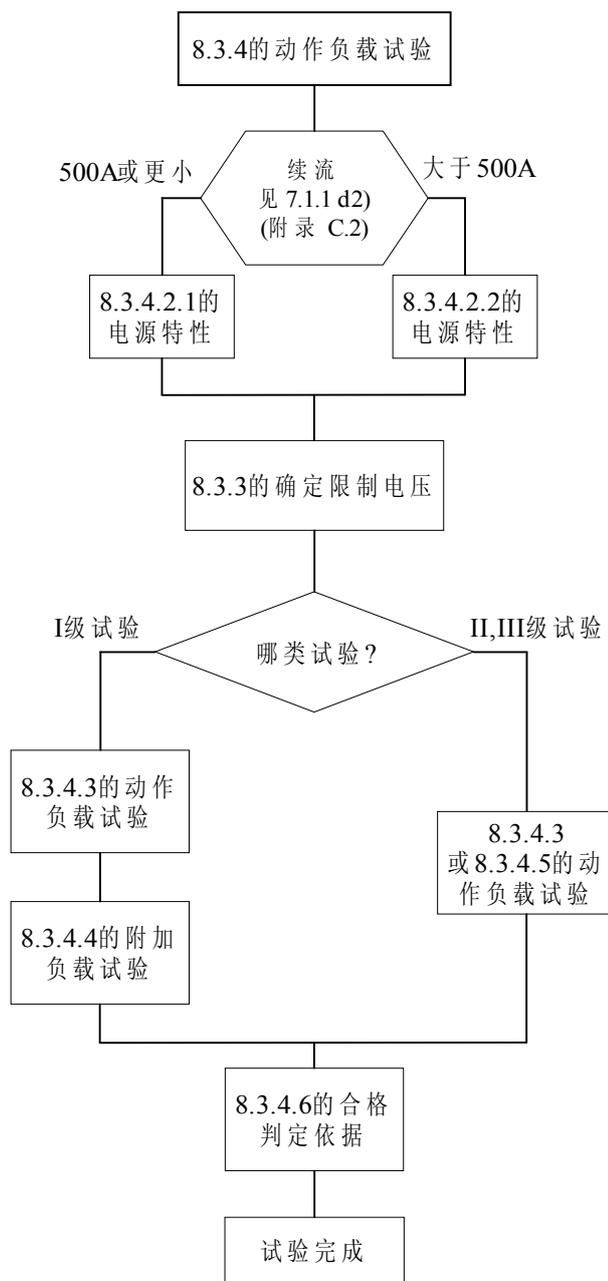


图 6 动作负载试验的流程图

#### 8.3.4.1 一般要求

本试验是通过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8.3.4.2要求的交流电源对SPD施加最大持续工作电压 $U_c$ 。

试验设置必须根据图7中的电路图。

应用8.3.3的试验确定限制电压。

为避免试品的过载，试验必须：

- 根据8.3.3.1，对于I级试验仅在 $I_{imp}$ 对应的峰值处进行。
- 根据8.3.3.1，对于II级试验仅在 $I_n$ 下进行。
- 根据8.3.3.3，对于III级试验仅在 $U_{oc}$ 下进行。

正负极性冲击各一次。

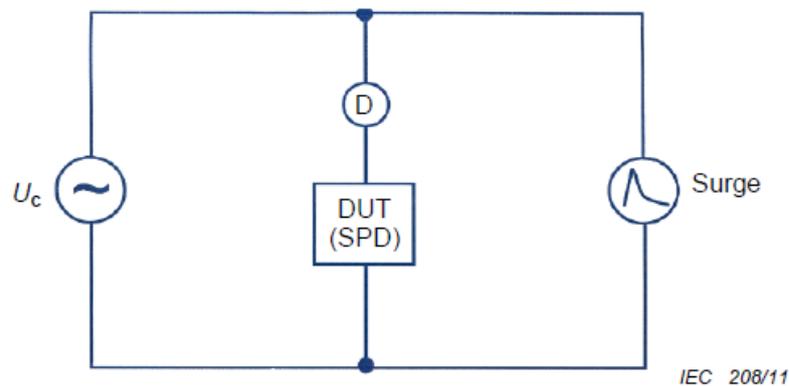


图7 动作负载试验的试验设置

关键点:

$U_c$ : 8.3.4.2的工频电源

D: 制造厂指定的SPD外部脱离器

DUT: 待测设备 (SPD)

Surge: 根据8.3.4.3进行I级和II级动作负载试验的8/20电流; 根据8.3.4.4进行附加负载试验的冲击电流; 根据8.3.4.5进行III级动作负载试验的复合波

### 8.3.4.2 动作负载试验的工频电源特性

#### 8.3.4.2.1 续流小于 500A 的 SPD

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

#### 8.3.4.2.2 续流大于 500A 的 SPD

试品应与工频电压为 $U_c$ 的电路连接，试验电路的预期短路电流应:

- 等于制造厂按表8规定的额定断开续流值 $I_{fi}$
- 或500A

二者取较大值。对于仅连接在TT和/或TN-S系统的中线和保护接地间的SPD，预期短路电流至少为100A。

注：SPD的额定断开续流值和安装处电源系统可提供的预期短路电流，参考IEC61643-12和IEC60364-53条款534.2.3.5。

#### 8.3.4.3 I类和II类的动作负载试验

对本试验，施加15次8/20正极性的冲击电流，分成3组，每组5次冲击。试品与8.3.4.2的电源连接。每次冲击应与电源频率同步。从 $0^\circ$ 角开始，同步角应以 $30^\circ \pm 5^\circ$ 的间隔逐级增加。试验如图8所示。

SPD施加电压 $U_c$ ，在施加每组冲击时，电源的预期短路电流需符合8.3.4.2的要求。在施加每组冲击之后和最后的续流（如有）遮断之后，需继续加电至少一分钟来检查复燃。在最后一组冲击和继续加电1分钟后，SPD保持加电，或在少于30秒内加电到 $U_c$ ，保持15分钟来检查稳定性。为了该目的，电源（在 $U_c$ ）的短路容量可减少到5A。

当SPD按I类试验时，施加的冲击电流值等于 $I_{imp}$ 。

当SPD按II类试验时，施加的冲击电流值等于 $I_n$ 。

注：如果SPD被分类为I级试验和II级试验，本试验可只进行一次，但必须使用两种试验等级下最严酷的一组参数，可与制造商协商。

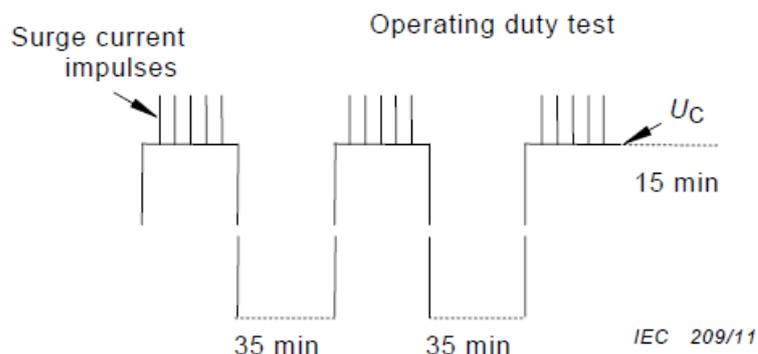


图 8 I, II级试验的动作负载时序图

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

两组冲击之间, 试品无需施加电压。

每次冲击应记录电流波形, 电流波形不应显示试品有击穿或闪络的迹象。

#### 8.3.4.4 I类试验的附加动作负载试验

本实验通过SPD的电流逐步增加到至  $I_{imp}$ 。

SPD施加电压  $U_c$ , 在施加每组冲击时, 电源的预期短路电流为5A。在施加每组冲击之后和最后的续流(如有)遮断之后, 需继续加电至少一分钟来检查复燃。在最后一组冲击和继续加电1分钟后, SPD保持加电, 或在少于30秒内加电到  $U_c$ , 保持15分钟来检查稳定性。为了该目的, 电源(在  $U_c$ )的短路流容量也是5A。

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

- 用  $0.1 I_{imp}$  电流冲击一次; 检查热稳定性; 冷却至环境温度。
- 用  $0.25 I_{imp}$  电流冲击一次; 检查热稳定性; 冷却至环境温度。
- 用  $0.5 I_{imp}$  电流冲击一次; 检查热稳定性; 冷却至环境温度。
- 用  $0.75 I_{imp}$  电流冲击一次; 检查热稳定性; 冷却至环境温度。
- 用  $1.0 I_{imp}$  电流冲击一次; 检查热稳定性; 冷却至环境温度。

时序图如图 9 所示。

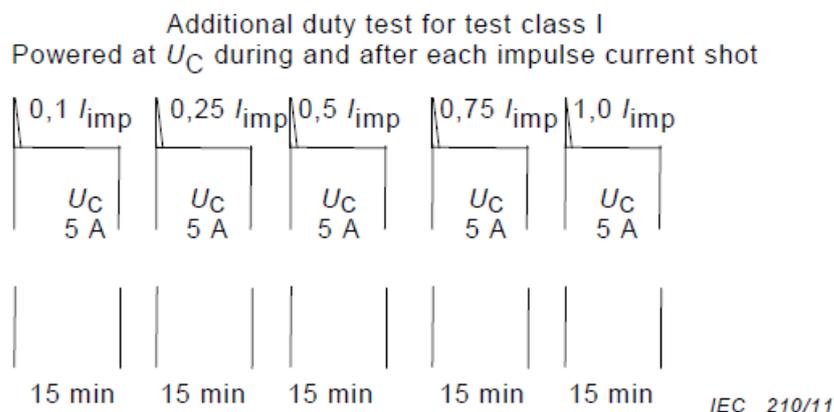


图 9 I 级试验的附加动作负载试验时序图

#### 8.3.4.5 III类动作负载试验

SPD使用三组对应于  $U_{oc}$ 的冲击进行试验:

- 在正半波峰值处触发5次正极性冲击;
- 在负半波峰值处触发5次负极性冲击;

- 在正半波峰值处触发5次正极性冲击；  
时序图如图 10 所示。

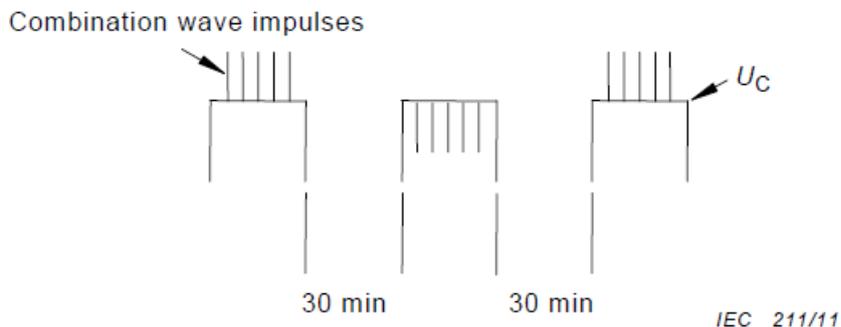


图 9 III 级试验的动作负载试验时序图

#### 8.3.4.6 所有动作负载试验和 I 级试验的附加动作负载试验的合格判别标准

表4中的合格判别标准A, B, C, D, E, F, G和M必须满足。

#### 8.3.5 SPD 的脱离器和 SPD 过载时的安全性能

##### 8.3.5.1 耐热试验

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

表4中的合格判别标准C和G必须满足。

##### 8.3.5.2 热稳定试验

###### 试验要求

本试验程序有二种不同的设计：

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

###### 试品准备

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。

任何与电压限制元件串联连接的电压开关元件应采一根铜线短路，铜线的直径应使其在试验时不熔化。

制造厂应提供按上述要求准备的试品。

###### a) 没有开关元件与其他元件串联的 SPD 的试验程序

试验试品应连接到工频电源。

电源电压应足够高使SPD有电流流过。对于该试验，电流调整到一个恒定值。试验电流的误差为 $\pm 10\%$ 。对于第一个试品，试验从2 mA的有效值开始；或者如果试品在 $U_c$ 下的泄漏电流已经超过2mA有效值，从 $U_c$ 开始。

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

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

每一步保持到达到热平衡状态（即10 min内温度变化小于2 K）。

连续监测SPD最热点的表面温度（仅对易触及的SPD）和流过SPD的电流。

注1：最热点可以通过初始试验确定，或进行多点监测以确定最热点。

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

注2：当质疑所有非线性元件是否脱扣，需目测检查。

注3：只是元器件的分裂不认为是脱扣。

试验时，如果SPD端子间的电压跌到低于 $U_{REF}$ ，则停止调节电流，电压调节回 $U_{REF}$ 并保持15min。为此，不需要再进行连续的电流监测。电源应具有短路电流能力，在任何脱离器动作前它不会限制电流。最大可达到的电流值不应超过制造厂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 $U_{REF}$ 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4：“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）。

**合格判别标准**

表4中的合格判别标准C, H, I, J, M和O必须满足。

对于户内型SPD，试验时表面温升应小于120 K。在脱离器动作5min后，表面温度不应超过周围环境温度80 K。

**8.3.5.3 短路电流性能试验**

本试验不适用于下列SPD：

- 分类为户外使用，并且安装在伸臂距离以外的 SPD，或
- 在 TN 系统 和/或 TT 系统中仅用于连接 N-PE 的 SPD。

**表 8 预期短路电流和功率因数**

$I_p \begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix} \% \\ \text{kA}$	$\text{Cos } \varphi \begin{matrix} 0 \\ -0.05 \end{matrix}$
$I_p \leq 1.5$	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： 恢复电压按 IEC 60947-1。	

试验试品应按制造厂出版的说明书安装，并且连接8.4.2的最大截面积的导线，连接试品的电缆最大长度为每根0.5 m。

**试品准备**

具有并联连接的非线性元件并包含一个或多个3.1.4和3.1.5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试品。

在正常运行条件下具有大于等于6kV冲击耐压水平和大于等于2500V的1分钟工频耐压水平的，具有集成脱离器功能并包含电压开关型元件的电流回路，测试时不需要任何的准备，仅是和根据下述方法准备的其他电流回路相连接。

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

应由制造厂提供按上述要求准备的试品。

**试验程序**

本试验应对二个不同的试验配置进行试验，对每个配置a)和b)采用一组单独准备的试品。

a) 声明的额定短路电流试验

试品连接至电压为  $U_{REF}$  的工频电源。SPD 端口处调整至制造厂声明的预期短路电流及符合表8的功率因数。

在电压  $U_{REF}$  过零后的  $45 \pm 5^\circ$  电角度和  $90 \pm 5^\circ$  电角度处接通短路进行二次试验。

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

#### 合格判别标准

表4中的合格判别标准C, H, I, J, K, M和N必须满足。

#### b) 低短路电流试验

将试品接到电压为  $U_{REF}$  的工频电源上，电源的预期短路电流应为产品的最大过电流保护电流值（如果制造厂声明）的5倍，其功率因数按表8规定，通电时间为  $5s \pm 0.5s$ 。如果制造厂没有要求有外部的过电流保护，采用300 A的预期短路电流。

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

#### 合格判别标准

表4中的合格判别标准C, I, M和N必须满足。

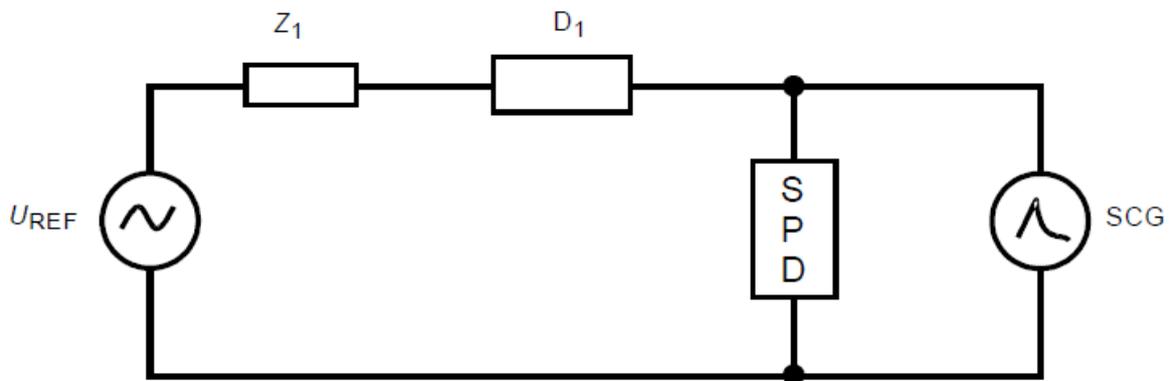
如果试验中脱离器动作，表4中的合格判别标准H, J和K必须满足。

#### 8.3.5.3.1 $I_{fi}$ 低于声明的额定短路电流 ( $I_{SCCR}$ ) 的SPD的补充试验

重复8.3.5.3的试验，但不根据8.3.5.3进行样品准备。

SPD的电压开关型元件用一个正向的电涌电流（8/20或其它合适的波形）在正半波的电压过零后的  $35 \pm 5^\circ$  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11所示与工频电源串联放置。



IEC 212/11

说明：

Z1 调节预期电流的阻抗（按表8）

D1 外部 SPD-脱离器

SCG 带耦合装置的电涌电流发生器

图 11  $I_{fi}$  低于声明的短路耐受能力的 SPD 的试验电路

#### 合格判别标准

表4中的合格判别标准C, H, I, J, K, M和N必须满足。

#### 8.3.5.3.2 模拟SPD失效模式的附加试验

##### 样品准备

对于这个试验，任何电子显示器电路可以脱开。

试验试品应按制造厂出版的说明书安装，并且连接 8.4.2 的最大截面积的导线，连接试品的电缆最大长度为每根 0.5 m。

如果制造厂有推荐外部脱离器，应使用外部脱离器。

## 试验流程

样品应连接到调整成以下电压的工频电源：

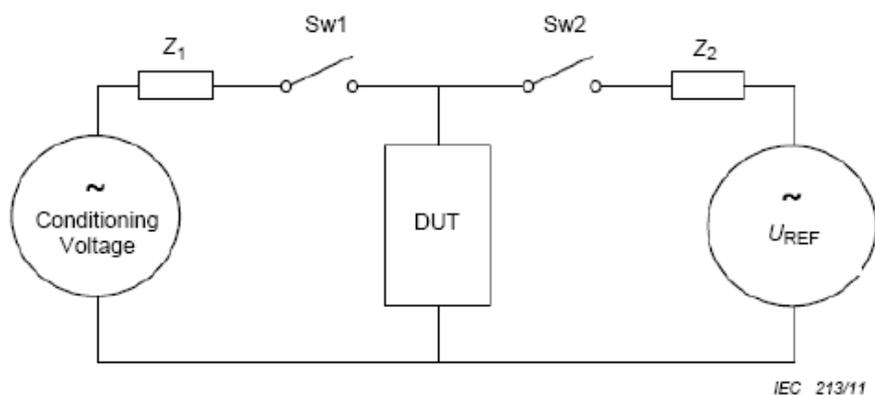
- $U_c$  不超过 440V 的 SPD，施加 1200V 电压  $0^{+5}\%$ ，
- $U_c$  高于 440V 的 SPD，施加等于 3 倍  $U_c$  的电压  $0^{+5}\%$

预备电压施加的时间为  $5S_0^{+5}\%$ ，电源的预期短路电流应调整到 1A 到 20A rms 之间，如制造厂在 7.1.1d5) 中指出。

施加预备电压之后，应在试品上施加一个大小等于  $U_{ref}$ ，电源短路电流容量如下所述的电压 5 分钟或至少 0.5s，在电流被内部或外部脱离器切断之后。

从施加预备电压到  $U_{ref}$  的转换应没有间断。流过 SPD 的电流应被监测。图 12 和图 13 显示了一个合适的试验电路和时序图。

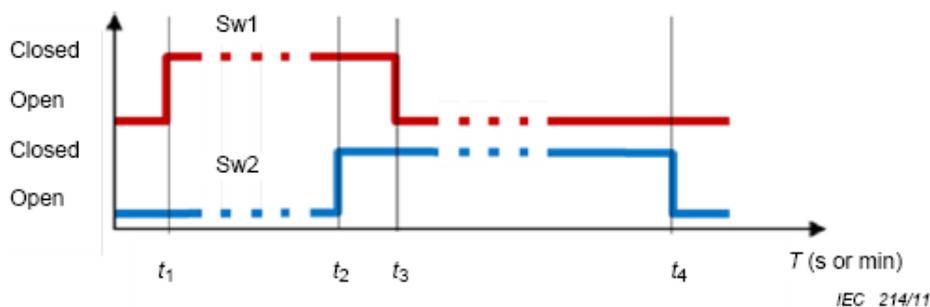
在试品安装处的  $U_{ref}$  电压下，电源的预期短路电流应该有+5%的允差，电源的功率因数应满足表 8。



说明：

- Z1 调节预处理发生器的预期电流的阻抗
- Z2 调节  $U_{ref}$  的预期电流的阻抗
- SW1 机械式或静止式断路器，用以在 SPD 上施加处理电压
- SW2 机械式或静止式断路器，用以在处理过的 SPD 上施加参考试验电压
- SW1 和 SW2 可以使机械式或静止式
- DUT 待测试品（SPD 和脱离器，如有）

图 12， SPD 失效模式模拟的试验电路



说明

$t_1=0$

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

$t_2 \leq t_3 < 5s+5\%$

$t_4 = 5 \text{ min } \begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix} \% \text{ 或在电流切断后 } \geq 0.5s$

图 13 SPD 失效仿真模拟的时序图

以下的每个试验都必须在一组的新的三个样品上进行，这三个样品分别在上述的  $U_{ref}$  下经过短路电流 100A, 500A 和 1000A 下的预处理，除非这些值超过了制造厂的声明值。

进一步试验应在三个经过预处理的样品上进行， $U_{ref}$  下的预期短路电流等于制造厂声称的额定短路电流。针对这个试验，在处理试验结束和施加  $U_{ref}$  之间的时间间隔应尽可能短，不应超过 100ms。

如果在第一组样品（100A 试验设置下）的所有试验波形显示在施加处理电压的 5s 内脱扣，不需要进一步试验。

#### 合格判定标准

表 4 中的 C, I, M 和 N 需满足。通常情况下，表 4 中的 H 和 J 也要满足，除了以下两种 SPD 脱离器未动作

- 短路型 SPD
- 在施加  $U_{ref}$  期间电流被中断的 SPD

对于该试验，在处理期间任何对电子指示电路的损害不认为是失效。

#### 8.3.6 绝缘电阻

本试验不适用于具有与保护接地连接的金属外壳的 SPD。

##### 试品按以下要求准备：

试品如有附加的进线孔，则全部打开；如有敲落孔，则打开其中一个孔。把不借助工具就能拆卸的盖和其他部件取下，如有必要同样进行耐潮试验。

##### 试验流程

潮湿处理应在相对湿度保持为  $93 \pm 3\%$  的潮湿箱中进行。放置试品处的空气温度保持在温度变化在 1K 内的  $20^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$  之间的任一合适温度。试品在放入潮湿箱之前，应预热至  $T^\circ\text{C}$  和  $(T+4)^\circ\text{C}$  温度之间。

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

试品应在潮湿箱中保持 2 天（48 h）。

注 2：潮湿箱中放置硫酸钠（ $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ）或硝酸钾（ $\text{KNO}_3$ ）的饱和水溶液，并使其与箱内空气有一个足够大的接触面，就可获得要求的相对湿度。

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

把被拆下的部件重新装好后，在潮湿箱或在使试品达到规定温度的房间里进行测量。

按下列要求进行测量：

a) 在所有互相连接的带电部件和 SPD 易偶尔接触的壳体之间。

本试验术语“壳体”包括：

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

对于这些测量，金属箔应这样覆盖，使可能存在的模铸件也受到有效的试验。

连接至 PE 的保护元件在本试验时可断开。

b) 在 SPD 主电路的带电部件和辅助电路的带电部件（如果有的话）之间。

合格判别标准

绝缘电阻应不低于：

5 MΩ——对于 a) 项的测量结果

2 MΩ——对于 b) 项的测量结果。

### 8.3.7 介电强度

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

户内型 SPD 按 8.3.6 的 a) 和 b) 所述进行试验。

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

表 9 介电强度

SPD 持续工作电压 V	交流试验电压 kV
$U_c$ 至 100	1.1
$U_c$ 至 200	1.7
$U_c$ 至 450	2.2
$U_c$ 至 600	3.3
$U_c$ 至 1 200	4.2
$U_c$ 至 1 500	5.8

合格判别标准

不应发生闪络和击穿，然而如果在放电时电压的变化小于 5%，可允许局部放电。

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

### 8.3.8 暂时过电压下的性能

#### 8.3.8.1 在低压系统故障引起的 TOV 下试验

SPD 应该使用在附录 B 的相关表格中 TOV 电压  $U_T$ ，或者制造厂在 7.1.1 c1) 中声明 TOV 电压，两者中取大者。

表格 B.1 适用于所有的 SPD，根据制造厂在 7.1.1 c1) 中声明的信息，附录 B 条款 B.1 对应的附加表格也必须实施。

试验程序

应采用新的试品并按制造厂说明的正常使用条件安装。

试品应连接到  $U_T$  的工频电压，持续时间为  $t_T=5s$ 。

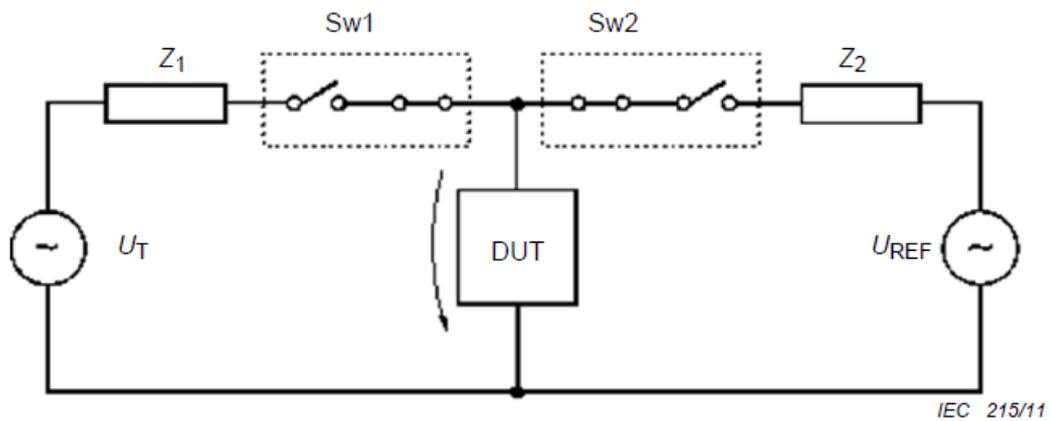
电压  $U_T$  如表 B.1 所示，或制造厂按 6.1.1 声明的较高的 TOV-电压。该电压源应能输出一个足够高的电流，

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

紧接着在施加  $U_T$  后，应在试品上施加等于  $U_{REF}$  并具有同样电流能力的电压 15 min。

对于失零的试验， $U_{REF}$  的电源应能输出的等于 SPD 声明的额定短路电流的预期短路电流。

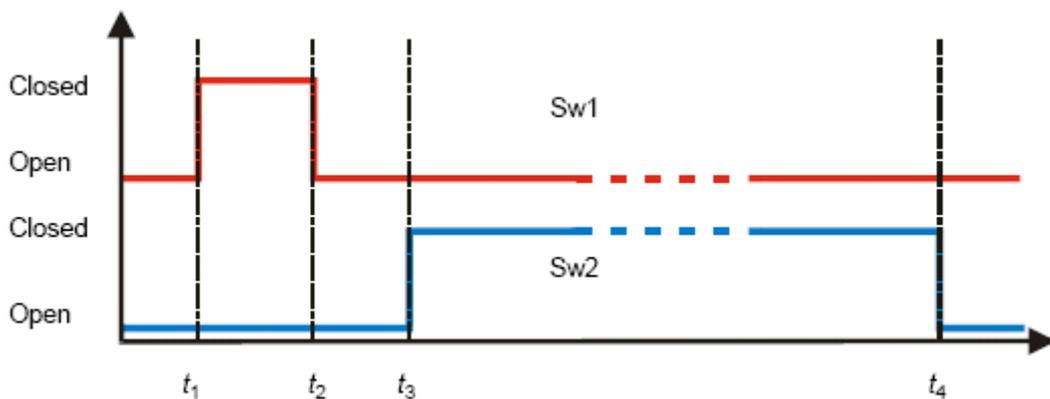
试验周期之间的时间间隔应尽可能短，并且在任何情况下不应超过 100 ms。试品连接至图 8 的试验电路。图 14 和图 15 是试验电路的实例和该试验相应的时序图。



说明:

- $U_T$  根据附录 B 的 TOV
- $U_{REF}$  根据附录 A 的参考试验电压
- $Z1$  调节  $U_T$  电源的预期短路电流的阻抗
- $Z2$  调节  $U_{REF}$  电源的预期短路电流的阻抗
- S1 施加 TOV 的开关
- S2 施加参考试验电压的开关
- DUT 被试装置 (SPD+脱离器, 如适用)

图 14 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



说明:

$$t_1=0$$

$$t_2=t_T \begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix} \%$$

$$t_2 \leq t_3 < (t_2+100 \text{ ms}) \begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix} \%$$

$$t_4=t_T+15 \text{ min} \begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix} \%$$

图 15 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

合格判别标准

- a) TOV 故障模式  
表4中的合格判别标准C, H, I, J, K, L和M必须满足。
- b) TOV 耐受模式

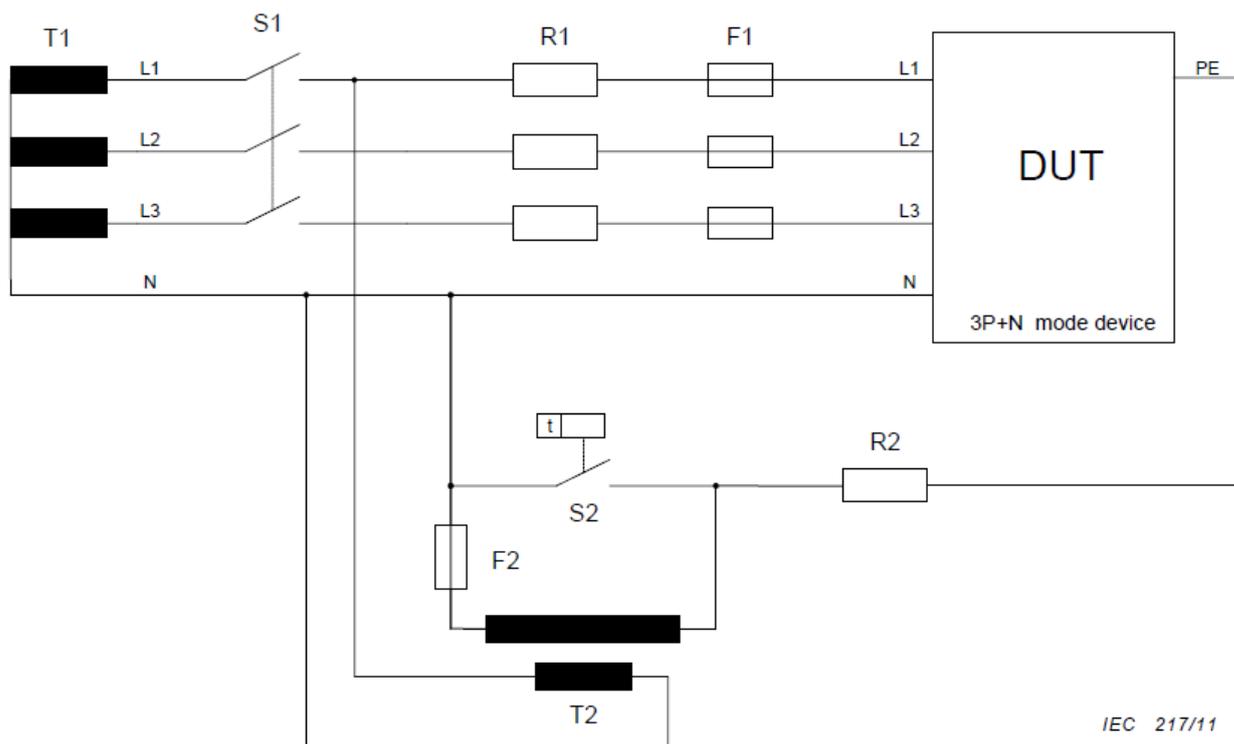
表4中的合格判别标准A, B, C, D, E, F, G, I, L和M必须满足。

### 8.3.8.2 在高（中）压系统的故障引起的暂时过电压（TOV）下试验

SPD 应该使用在附录 B 的相关表格中 TOV 电压  $U_T$ ，或者制造厂在 7.1.1 c1) 中声明 TOV 电压，两者中取大者。

表格B.1适用于所有的SPD，根据制造厂在7.1.1 c1) 中声明的信息，附录B条款B.1对应的附加表格也必须实施。

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



IEC 217/11

说明：

- 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  $U_{REF}$  的电源变压器
- T2 TOV 变压器，一次绕组电压为  $U_{REF}$ ，二次绕组电压为 1 200V
- R1 调节  $U_{REF}$  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  $\Omega$ ）
- DUT 被试装置

图 16 在高（中）压系统故障引起的 TOV 下试验 SPD 时采用的电路示例

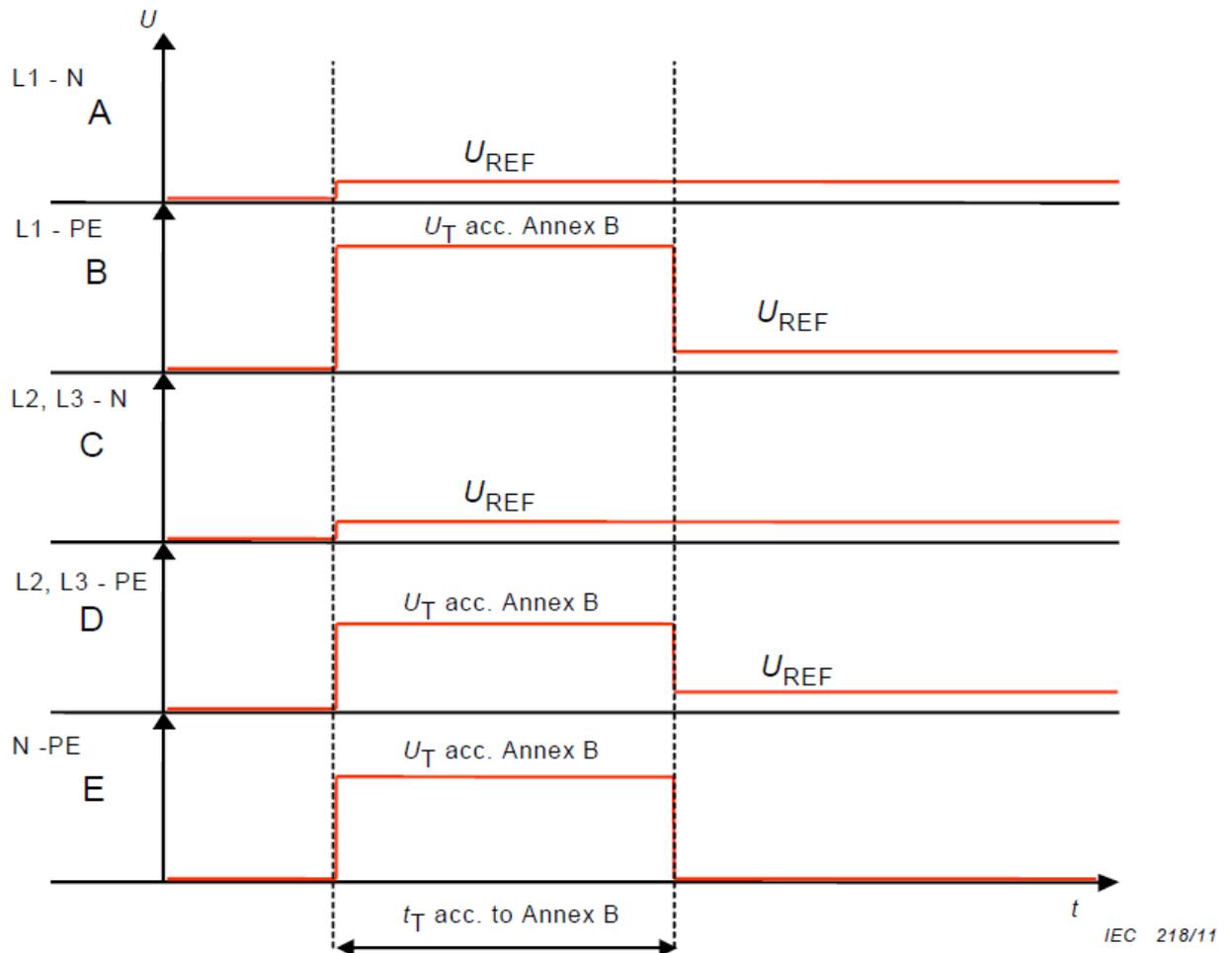


图 17 在高（中）压系统故障引起的 TOV 下 SPD 端子上预期电压的相应时序图

### 试验程序

通过闭合S1在L1相的 $90^\circ$ 电角度处对试验试品施加 $U_T \begin{smallmatrix} 0 \\ -5 \end{smallmatrix} \%$ 。

在TOV施加时间 $t_T \begin{smallmatrix} 0 \\ -5 \end{smallmatrix} \%$ 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。

图16和图17是试验电路的实例和该试验相应的时序图。

其他试验电路的示例在附录E。

允许采用其它的试验电路，只要它们确保对SPD有相同的应力。

电源 $U_{REF}$ 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300A。电流允许误差为 $\begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix} \%$ 。

TOV变压器输出的预期短路电流应通过R2调节至 $300A \begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix} \%$ 。

中性线接地的SPD例外， $U_{REF}$ 施加到试品上保持15 min不断开，直至开关S1重新断开。

### 合格判别标准

a) TOV 故障模式

表4中的合格判别标准C, H, I, J, K, L和M必须满足。

b) TOV 耐受模式

表4中的合格判别标准A, B, C, D, E, G, I, K, L和M必须满足。

8.4 机械试验

8.4.1 螺钉，载流部件和连接的可靠性试验

通过直观检查其是否符合要求，但对SPD接线所使用的螺钉，还需进行下列试验：

拧紧和拧松螺钉：

- 10次（对于与绝缘材料螺纹啮合的螺钉）；
- 5次（所有其他情况）。

与绝缘材料螺纹啮合的螺钉或螺母，每次应完全旋出然后再旋入，除非螺钉的结构阻止螺钉旋出。应采用合适的螺丝起子或扳手施加表5所示的扭矩进行此试验。

拧紧螺钉不能采用冲击力。

每次拧松螺钉时，要移动导体。

表 10 螺钉的螺纹直径和施加的扭矩

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

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

第II栏数值适用于用螺丝刀拧紧的其他螺钉。

第III栏数值适用于除用螺丝刀之外的工具来拧紧的螺钉和螺母。

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

合格判别标准

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

外壳和盖不应损坏，这应通过直观检查来确认。

8.4.2 连接外部导体的接线端子

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

除非另有规定，SPD的接线端子应按下列要求连接导体：

- 二端口器件和输入/输出接线端子分开的一端口器件，按表11；
- 其他的一端口器件按制造厂说明。

按I类试验的SPD和按II级试验的标称放电电流 $\geq 5$  kA的一端口的SPD至少应能夹紧截面为  $4 \text{ mm}^2$ 的导体。

#### 8.4.2.1 螺钉接线端子

##### 8.4.2.1.1 一般要求

这些试验使用合适的螺丝刀或扳手施加表10所示的力矩。

接线端子连接8.4.2规定的型式及最小和最大截面积的新导体，实心导体或绞合导体采用最不利的一种。

导体以规定的最小距离深入端子，直到导体从远端伸出，并处于最可能协助导线伸出的位置。

然后使用等于表10相应栏目中规定值的三分之二的扭矩拧紧接线端子螺钉。

然后对每根导线施加表12所示的拉力，单位为牛顿。施加拉力时应无冲击，时间为1min，方向为导线的轴向方向。

**表 11 螺钉型端子或无螺钉端子能连接的铜导体截面积**

二端口的 SPD 或输入/输出接线端子分开的一端口 口的 SPD 的最大持续负载电流 <sup>1)</sup> A	能夹住的标称截面范围（单个导体）	
	mm <sup>2</sup>	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

<sup>1)</sup> 对电流额定值小于等于 50 A 的接线端子的结构要求能夹紧实心导体及硬性绞合导体；也允许使用软性导体。  
但是，对截面积为 1~6 mm<sup>2</sup> 的导体的接线端子，允许其结构仅能夹紧实心导体。

##### 8.4.2.1.2 螺钉型端子的拉力试验

**表 12 拉力（螺钉型端子）**

接线端子能连接导体的截面积 mm <sup>2</sup>	$\leq 4$	$\leq 6$	$\leq 10$	$\leq 16$	$\leq 50$
拉力 N	50	60	80	90	100

接线端子连接 8.4.2 规定的最小和最大截面积(按最不利选取)的铜导体中的一种导体(实心或多股绞合)。然后用表 10 相应栏目中规定值的三分之二的扭矩拧紧紧固螺钉。然后拧松接线端子螺钉，接着对导体可能受到接线端子影响的部分进行检查。

合格判别标准

导体不应有过度的损坏或导线被切断的现象。

如果导体上有深的或尖锐的压痕，则认为是过度损坏。

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

接线端子连接表 13 所示结构的硬性多股绞合铜导体。在导体插入接线端子前，可对导体的线丝进行适

当的整形。导体插入至接线端子底部或刚好从接线端子另一边露出，并且是处于最可能使线丝松脱的位置。然后用表 10 相应栏目中规定值的三分之二的扭矩拧紧紧固螺钉或螺母。

合格判别标准

试验结束后，应无导体的线丝从SPD的接线端子中脱出。

表 13 导体尺寸

能被夹紧的标称截面范围 mm <sup>2</sup>	绞合导体	
	导线股数	每股导线直径 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心导体时（见表 6 注），不进行此试验。

#### 8.4.2.2 无螺钉接线端子

通过以下的试验来检验其是否符合要求。

接线端子连接7.3.1规定的型式及最小和最大截面积的新导体，实心导体或绞合导体采用最不利的一种。

然后对每根导线施加表9所示的拉力。施加拉力时应无冲击，时间为1min，方向为导线的轴向方向。

合格判别标准

在试验过程中，插入接线端子中的导线应没有移动或任何损坏的迹象。

表 14 无螺钉接线端子）拉力

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

#### 8.4.2.3 绝缘穿刺连接

##### 8.4.2.3.1 用于单芯导体的 SPD 的接线端子的拉力试验

通过以下的试验来检验其是否符合要求。

接线端子连接8.4.2规定的最小和最大截面积（最不利的一种）的新的导体（实心或绞合）采用。

按表10规定的扭矩拧紧螺钉（如果有的话）。

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

合格判别标准

在试验过程中，插入接线端子中的导线应没有移动或任何损坏的迹象。

##### 8.4.2.3.2 用于多芯电缆或电线的 SPD 的接线端子的拉力试验

用于单芯电缆相同的方法来对夹紧多芯电缆或电线的SPD的接线端子进行拉力试验，可是拉力应施加在全部多芯电缆或电线上而不是单芯线上。

按下面的公式计算拉力：

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

式中：

$F$  ——施加的全部力；

$n$  --多芯电缆的芯数;

$F(x)$ —按单根导体的截面作用于一根芯线上的力(见表9)。

在试验过程中, 电缆或电线不应滑出接线端子。

#### 8.4.2.4 扁平快速连接端子

考虑中。

#### 8.4.2.5 软辫线连接(飞线)

##### 8.4.2.5.1 飞线连接端子的拉力试验

将在现场连入电源系统的集成的飞线, 应使用以下试验来检查。

飞线和固定铰钉必须经受从任意角度施加到导线上的89N的拉力, 不能有损坏或脱离, 时间为1min,

合格判别标准

在试验过程中, 不应有导体的移动或任何损坏的迹象。

#### 8.4.3 验证电气间隙和爬电距离

用于户内和类似环境中的SPD应按污染等级2来设计。

在更加严酷环境中使用的SPD可要求特别的预防措施, 例如一个合适的SPD罩子或附近外壳, 确保SPD满足的污染防护等级2。

注: 没有通风口的SPD防护罩可认为对限制污染提供了充分的保护, 可对内部爬电距离采用污染等级2的要求。

对于户外和无法触及的SPD应采用按污染等级4。对于内部距离, 如果SPD覆盖了足够的外壳确保满足污染等级3的条件, 这可减低到污染等级3。

在确定电气间隙和爬电距离时, 空气间隙电极间的距离不应被考虑。

#### 合格判定依据

定电气间隙和爬电距离不应小于表格15和表格16中的值。

注: 海拔高度超过2 000 m时, 参考IEC60664-1:2007中表格F.2来确定电气间隙, 使用 $U_{max}$ 作为输入参数给情况A(均匀场条件下)的列中。但在任何情况下, 由于机械方面的原因, 本标准表15中的最低要求必须满足。

表15 SPD的电气间隙

$U_{max}^a$	$\leq 2000\text{ V}$	$\leq 4000\text{ V}$	$>4000\text{ V}$ $\leq 6000\text{ V}$	$>6000\text{ V}$ $\leq 8000\text{ V}$
	电气间隙 (mm)			
1) 不同极的带电部件之间	1.5	3	5.5	8
2) 带电部件与				
- 安装 SPD 时必须拆卸的固定盖的螺钉或其他工件之间	1.5	3	5.5	8
- 安装表面(注2)	3	6	11	16
- 安装 SPD 的螺钉或其他工件之间(注2)	3	6	11	16
- 壳体之间(注1和2)	1.5	3	5.5	8
3) 脱离器机构的金属部件与				
- 壳体之间(注1)	1.5	3	5.5	8
- 安装 SPD 的螺钉或其他工具	1.5	3	5.5	8

<sup>a</sup> 该栏仅适用于 $U_n$ 小于等于180V的SPD

注1 定义见8.3.6 a)

注2 如果SPD的带电部件与金属隔板或SPD安装平面之间的电气间隙仅与SPD的设计有关，使得SPD在最不利的条件下（甚至在金属外壳内）安装，其电气间隙也不会减少时，则采用第一的值就足够了。

表16 SPD的爬电距离

电压 Rms V	最小爬电距离 (mm)								
	印刷电路材料		污染等级						
	污染等级		1	2			3		
	1	2		所有材料组	I	II	III	I	II
10	0.025	0.04	0.08	0.4	0.4	0.4	1	1	1
12.5	0.025	0.04	0.09	0.42	0.42	0.42	1.0	1.05	1.05
16	0.025	0.04	0.1	0.45	0.45	0.45	1.1	1.1	1.1
20	0.025	0.04	0.11	0.48	0.48	0.48	1.2	1.2	1.2
25	0.025	0.04	0.125	0.5	0.5	0.5	1.2	1.25	1.25
32	0.025	0.04	0.14	0.53	0.53	0.53	1.3	1.3	1.3
40	0.025	0.04	0.16	0.56	0.8	1.1	1.4	1.6	1.8
50	0.025	0.04	0.18	0.6	0.85	1.2	1.5	1.7	1.9
63	0.04	0.063	0.2	0.63	0.9	1.25	1.6	1.8	2
80	0.063	0.1	0.22	0.67	0.95	1.3	1.7	1.9	2.1
100	0.1	0.16	0.25	0.71	1	1.4	1.8	2	2.2
125	0.16	0.25	0.28	0.75	1.05	1.5	1.9	2.1	2.4
160	0.25	0.4	0.32	0.8	1.1	1.6	2	2.2	2.5
200	0.4	0.63	0.42	1	1.4	2	2.5	2.8	3.2
250	0.56	1	0.56	1.25	1.8	2.5	3.2	3.6	4
320	0.75	1.3	0.75	1.6	2.2	3.2	4	4.5	5
400	1	1.8	1	2	2.8	4	5	5.6	6.3
500	1.3	2.4	1.3	2.5	3.6	5	6.3	7.1	8
630	1.8	3.2	1.8	3.2	4.5	6.3	8	9	10
800	2.4	4	2.4	4	5.6	8	10	11	12.5
1000	3.2	5	3.2	5	7.1	10	12.5	14	16

<sup>a</sup> 关于材料组的信息参考表17

<sup>b</sup> 这个值是用于绝缘功能的工作电压。对于主电源供电的电路的基本绝缘和附加绝缘，是在设备的额定电压或额定绝缘电压的基础上，通过IEC 60664-1的表F.3a或F.3b进行电压合理化。对于系统，设备和不直接从主电源供电的内部电路的基本绝缘和附加绝缘，适在额定电压和在设备等级内操作条件的最繁重的组合下，系统，设备和内部电路上发生的最大电压有效值。

<sup>c</sup> 针对主保护电路，该栏参考Uc；

<sup>d</sup> 材料IIIb不可用于630V以上的污染等级3中。

注：如果实际电压不同于表格中的值，允许在插入中值电压。当插值时，应采用线性插值。值应取整到和表格中的值一样的位数。

表17 材料组和分类之间的关系

材料组I	$600 \leq CTI$
材料组II	$400 \leq CTI < 600$
材料组IIIa	$175 \leq CTI < 400$
材料组IIIb	$100 \leq CTI < 175$
材料组合分类之间的关系是根据IEC 60112 (CTI值, 使用解法A)。	

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

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

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

如果隔板由不粘合在一起的两部分组成, 爬电距离通过分开的间隙测量。如果带电部件与隔板相应表面之间的空气间隙小于 1 mm, 仅考虑通过分隔表面的距离, 把它看作爬电距离。否则, 把整个距离, 即空气间隙和通过分隔表面的距离之和看作电气间隙。如果金属部件被至少 2 mm厚自硬性的树脂覆盖, 或如果能承受8.3.7的试验电压的绝缘覆盖, 则不需要测量爬电距离和电气间隙。

填充材料或树脂不应满过槽孔的边缘, 而应牢固地附着在槽孔壁及其中的金属物上。

可通过目检和不使用工具试图剥离填充物或树脂来进行测试。

#### 8.4.4 机械强度

##### 8.4.4.1 撞击试验

SPD 应具有足够的机械强度, 以使其能承受安装和使用过程中遭受的机械应力。

通过下列试验来检验其是否符合要求:

用图18和图19所示的撞击试验装置对试品进行撞击试验。

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

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

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

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

注: 关于确定塑料洛氏硬度的补充资料见ISO 2039-2。



单位: mm

部件的材料:

①—聚酰胺

②, ③, ④, ⑤—Fe360 钢

图 19 摆锤的撞击元件

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

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

移动式SPD的试验像固定式SPD一样, 但用辅助装置把它固定在层压板上。

安装支架的质量应为10 kg ± 1 kg, 它应安装在一个刚性框架上。

安装支架应设计为:

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

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

如果使用木板, 则木板纤维的方向应垂直于撞击的方向。

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

在撞击实施前, 应用表10规定值三分之二的扭矩把底座和盖子的固定螺钉拧紧。

试品应这样安装使得撞击点位于通过枢轴轴线的垂直平面上。

使撞击元件从表 18 规定的高度落下。

表 18 用于撞击要求的落下距离

下落高度 mm	受撞击的外壳部件	
	普通 SPD <sup>a</sup>	其他 SPD
100	A 和 B	A 和 B
150	C	C
200	D	D

A—前面部件, 包括凹进部分。

B—正常安装后, 从安装表面突出小于 15mm (从墙算起的距离) 的部件, 除了上面的 A 部分。

C—正常安装后, 从安装表面突出大于 15 mm 而小于 25 mm (从墙算起的距离) 的部件, 除了上面的 A 部分。

D—正常安装后, 从安装表面突出大于 25mm (从墙算起的距离) 的部件, 除了上面的 A 部分。

下落高度取决于试品离安装表面最突出部分, 并施加在试品的所有部分, 除A部分以外。

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

试品受到的撞击是均匀的分布在试品上。敲落孔不施加撞击。

施加下列撞击:

- 对于 A 部件, 撞击 5 次: 1 次在中心。试品水平移动后: 在中心和边缘间薄弱的点各 1 次; 然后把试品绕它的垂直于层压板的轴线转过 90°之后, 在类似的点各 1 次。
- 对于 B (适用时), C 和 D 部件, 4 次撞击:

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

#### 合格判别标准

试验后，试品应无本部分含义内的损坏。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气间隙减少的小的压痕和不会对防触电保护或防止水的有害进入产生不利影响的小碎片均可忽略不计。

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

### 8.5 环境和材料试验

#### 8.5.1 防止固体物进入和水的有害进入

按照 IEC 60529 进行试验和校核 IP 代码。

#### 8.5.2 耐热

SPD 在温度为  $100^{\circ}\text{C} \pm 2\text{K}$  的加热箱中保持 1 h。

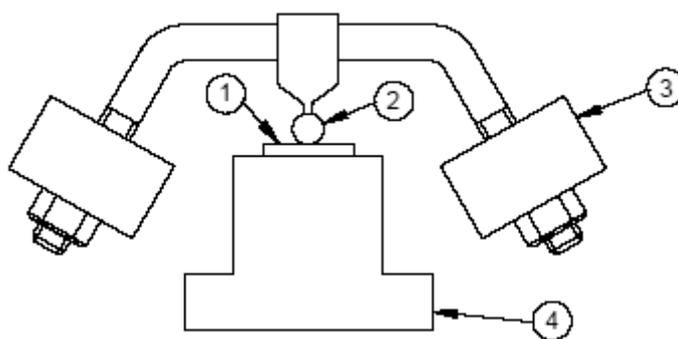
#### 合格判别标准

表 4 中的合格判别标准 C 和 I 以及下列的附近试验合格判别标准：

- 内部组装的任何密封化合物（包括灌封的）的移动不应 SPD 的功能性造成问题。
- 即使 SPD 的脱离器断开，也可认为 SPD 已通过试验。

#### 8.5.3 球压试验

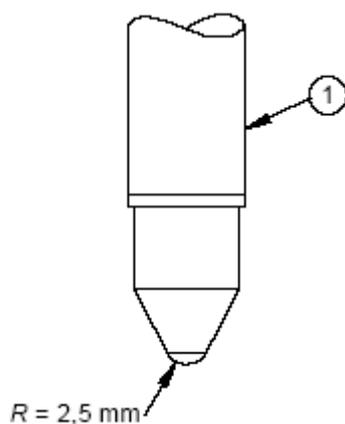
SPD 中用绝缘材料制成的外部零件用图 20 和图 21 所示的试验装置进行球压试验。



说明：

- ① 试品；
- ② 压力球；
- ③ 重物；
- ④ 试品支架。

图 20 球压试验装置



说明:

① 载荷杆。

图 21 球压试验装置的载荷杆

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

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

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

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

#### 合格判定依据

测量由钢球形成的压痕直径不应超过 2 mm。

注：陶瓷材料的部件不进行本试验。

### 8.5.4 耐非正常热和耐燃

灼热丝试验应按 IEC 60695-2-11 中第 4 至 10 条款在下列条件下进行：

- 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  $850^{\circ}\text{C} \pm 15\text{K}$  温度下进行。
- 对于所有由绝缘材料制成的其他零件，试验应在  $650^{\circ}\text{C} \pm 10\text{K}$  温度下进行。

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。

试验在一台试品上进行。

在有疑问的情况下，可再用二台试品重复进行此项试验。

试验时，施加灼热丝一次。

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）。

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

#### 合格判定依据

如果符合下列条件，试品可看作通过了灼热丝试验：

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

### 8.5.5 耐电痕化

试验根据标准IEC 60112 的解法A，试验电压取决于根据8.4.3测量得到的爬电距离和要求的材料类别。

### 8.6 特殊SPD设计的附加试验

#### 8.6.1 二端口和输入/输出端子分开的一端口的 SPD 试验

##### 8.6.1.1 额定负载电流( $I_L$ )

SPD在常温下用表19规定的标称截面的电缆施加电压 $U_c$ 。试验必须使用流过阻性负载的额定负载电流并达到热平衡，不允许对SPD进行强迫冷却。

表19 过载电流试验的试验导体

试验电流 (A)		导体横截面积	
大于	小于等于	[mm <sup>2</sup> ]	AWG/MCM
0	8	1.0	18
8	12	1.5	16
12	15	2.5	14
15	20	2.5	12
20	25	4.0	10
32	32	6.0	10
50	50	10	8
65	65	16	6
80	85	25	4
100	100	35	3
115	115	35	2
130	130	50	1
150	150	50	0
175	175	70	00
200	200	95	000
225	225	95	0000
250	250	120	250
275	275	150	300
300	300	185	350
350	350	185	400

注：如果在特别的国家使用其他标准横截面积，则需使用最接近的横截面积进行测试。

### 合格判别标准

表4中的C，F和G需满足，还应满足以下的附加合格判别标准。

试验过程中，在正常试用下可触及表面的温升不应超过附录G中描述的值。

### 8.6.1.2 过载性能

试验在环境温度下进行，并且试品应避免异常的外部加热或冷却。

试验电路和步骤应如8.6.1.1所述，除了主要回路之外的电路本实验可以忽略。

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

如果制造厂规定了最大过电流保护，SPD应通以等于最大过电流保护 K 倍的电流负载 1 h。因子K可以从南表20中选取。

表20 过载性能的电流系数K

保护装置	触发电流系数k
断路器	1.45
熔断器	1.6

注1 如果制造厂未指定保护装置的类型(断路器或熔断器)，本试验采用较高的k因子。  
 注2 对于使用其他值得国家，这些值应根据7.1.1 c7) 在SPD的数据表中申明。  
 注3 日本的国情：对于断路器k=1.25，对于熔断器k=1.5。  
 注4 北美的国情：k还在考虑中。

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

#### 合格判别标准

a) 任何内部脱离器动作

表格 4 中 C, H, I, J 和 M 应满足。

b) 没有内部脱离器动作

表格 4 中 C, D, E 和 I 应满足。

此外，测试过程中在正常使用中可触及的表面温升不应超过附录 G 中描述的值。

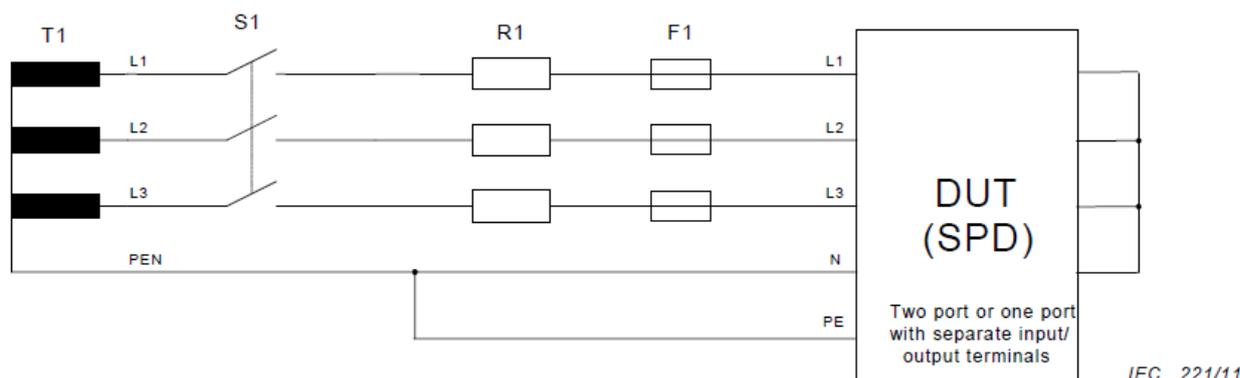
### 8.6.1.3 负载侧短路特性试验

该试验适用于所有 SPD，除了那些声明用于户外和安装在不可触及，以及只连接在 TT 和/或 TN 系统中的 N-PE 极的 SPD。

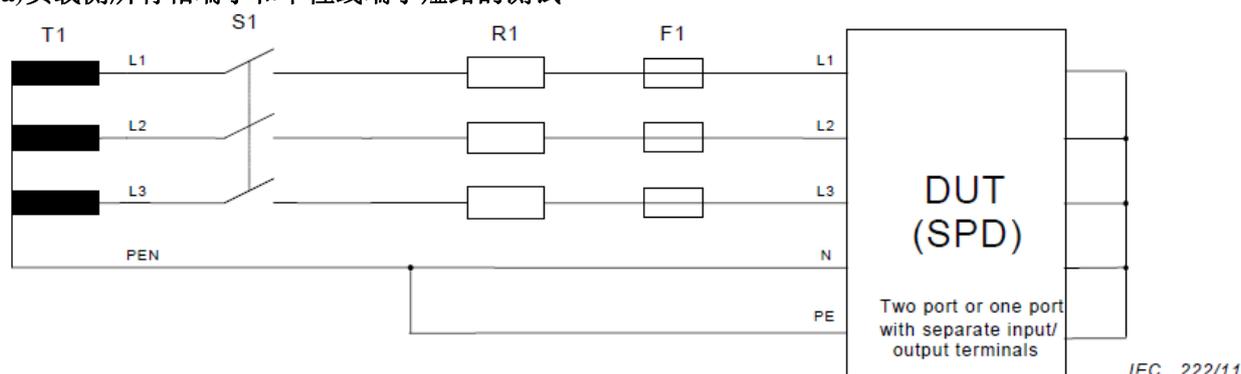
重复 8.3.5.3 (除了 8.3.5.3.1) 中的试验设置和试验方法，除了不短路任何元件，但用 8.4.2 中规定的最大截面积及 500 mm 长的短路导体连接到下列 SPD 的输出端子：

- 短路导体穿过负载侧所有的相端子和中性点端子 (如适用)；
- 短路导体穿过负载侧的所有端子

图 22 给出了相应的试验电路



### a) 负载侧所有相端子和中性线端子短路的测试



### b) 负载侧所有端子短路的测试

- S1 短路同步触发的开关
- F1 制造厂要求的所有脱离器，包括根据制造厂说明中推荐的最大过电流保护
- T1 二次绕组电压为  $U_{REF}$  的电源变压器
- R1 用来调整电源预期短路电流的限流电阻
- DUT 待测试品

图 22 负载侧短路电流试验的试验电路范例

#### 合格判别标准

表4中C, E, H, I, J, K, M和N和下列附件合格判别标准必须满足。

- a) 内部脱离器动作
  - 从在图 22 所示的电路的输出端子移开短路导体，并施加  $U_{ref}$ ，在输出端子上不应有电压。
  - 在对应的输入相端子和输出相端子上施加 2 倍  $U_c$  的工频电压 1 分钟，不应有超过 0.5mA 的电流。
- b) 没有内部脱离器动作
  - 表格 4 中合格判定 D 应满足。

### 8.6.2 户外型SPD的环境试验

参见资料性附录F。

### 8.6.3 分开隔离电路的SPD

分离电路的隔离性和介电耐受性必须根据制造厂声称进行测试，并符合8.3.6与8.3.7。

### 8.6.4 短路型SPD

对于这种SPD，紧接着8.6.4.2的冲击耐受试验和8.6.4.3的短路电流性能试验后，根据8.6.4.1进行短路化处理

#### 8.6.4.1 特性转换过程(预处理试验)

一个正极性的冲击  $I_{trans}$  施加到未带电的SPD，将SPD的特性转换成内部短路。为了检查内部短路，试验后进行适当的测量。

#### 8.6.4.2 冲击耐受试验

一个正极性的冲击  $I_{trans}$  施加到未带电的SPD。

#### 合格判别标准

表4中的C, I和M需满足。

#### 8.6.4.3 短路电流性能试验 (短路状态)

##### 试验设置

试验根据8.3.5.3进行，除了8.3.5.3.1和8.3.5.3.2，但不需要进行任何样品准备。

## 8.7 制造厂声称的特殊性能的附加试验

### 8.7.1 多极SPD的总放电电流试验

#### 试验要求

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

注1：这些阻抗模拟至电源系统的连接，并且不宜被测量系统增加，例如分流器。

注2：本试验的配置不代表所有系统的配置。特殊的配置或应用可能需要其它的试验程序。

如果满足表21均衡电涌电流的误差，可使用较小的阻抗。

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

表 21-均衡电涌电流的误差

试验类别	均衡电流和误差
I级试验	$I_{imp(1)} = I_{imp(2)} = I_{imp(N)} = I_{imp} / N \quad \pm 10\%$ $Q_{(1)} = Q_{(2)} = Q_{(N)} = Q_{(I_{总})} / N \quad -10/+20\%$ $W/R_{(1)} = W/R_{(2)} = W/R_{(N)} = W/R_{(I_{总})} / N^2 \quad -10/+45\%$
II级试验	$I_{8/20(1)} = I_{8/20(2)} = I_{8/20(N)} = I_{total} / N \quad \pm 10\%$

#### 试验程序

多极SPD应采用制造厂声明的总放电电流 $I_{total}$ 进行一次试验。

#### 合格判别标准

表4中的B, C, D, E, G, I和M应满足。

### 8.7.2 确定电压跌落的试验

在输入端施加电压 $U_c$ ，并应恒定在-5%内。试验时使额定负载电流流过阻性负载，同时在连接负载时测量输入和输出电压。使用下列公式确定电压降百分比。

$$\Delta U\% = [(U_{输入} - U_{输出}) / U_{输入}] 100\%$$

其中

$U_{输入}$ 是输入电压， $U_{输出}$ 是在满额定阻性负载下同时测量得到输出电压。这个参数只适用于双端口SPD。

如果可得到可比较的结果，也可使用其他的测量技术。

#### 合格判定标准

应记录该值并符合制造厂的规定。

### 8.7.3 负载侧电涌耐受能力

对本试验进行：

- 15次8/20电流冲击；
- 或15次复合波冲击，开路电压为 $U_{oc}$ 。

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

两次冲击之间的间隔时间为50s~60s，两组之间的间隔时间为25min~30min。

整个试验过程中，试品应施加电压。应记录输出端子上的电压。

#### 合格判别标准

表4中的A, B, C, D, E, F和G应满足。

### 8.7.4 电压升高率du/dt的测量

该试验针对不带电的双端口SPD，输出端连接有阻性负载，可以在 $U_{ref}$ 下产生额定负载电流0.1倍的电流。满足8.1.4节要求的复合波发生器连接到双端口SPD的输入端。

注1：在试验过程中，不需要施加工频电。

---

发生器设为6kV的开路电压，从而产生开路电压上升率 $du/dt$ 大约为5kV/us。示波器连接到双端口SPD的输出端，记录施加冲击时得到的波形。

通过测量得到波形上升沿在 $t_{90}$ 和 $t_{30}$ 处的电压差和时间差，计算最大电压上升率。

注2： $t_{90}$ 和 $t_{30}$ 是波形前沿90%和30%处的点。

考虑到波头处的震荡，该试验应进行5次并记录最大 $du/dt$ 。

### **合格判别标准**

必须记录到的最大电压上升率表，并且满足制造厂的声称值。

## **9 常规试验和验收试验**

### **9.1 常规试验**

应进行适当的试验来验证SPD能满足其性能要求。制造厂应规定试验方法。

### **9.2 验收试验**

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

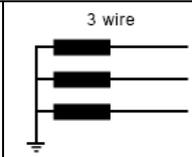
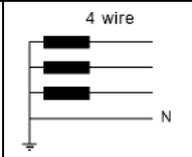
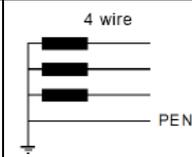
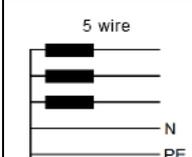
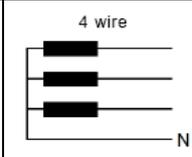
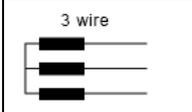
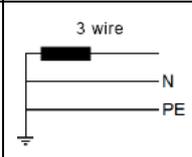
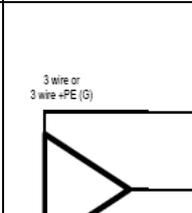
如果没有其它规定，规定下列试验作为验收试验：

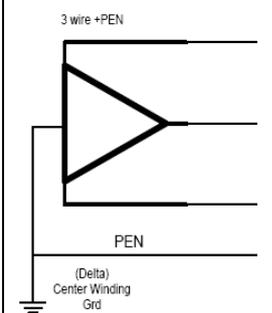
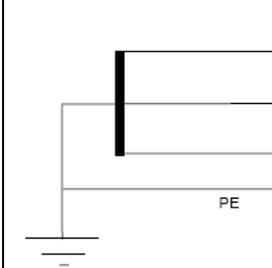
- a) 按 8.2 的规定，验证标识；
- b) 按 8.2 的规定，验证标志；
- c) 验证电气参数（例如 8.3.3 的测量限制电压）。

附录 A (规范性附录) SPD 的参考试验电压  $U_{REF}$

参考试验电压取决于 SPD 根据制造厂提供的安装指南在低压配电系统中预期的应用。

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

配电系统	标称交流系统电压 L-PE/L-L	配电系统的最大预期电压波动 (+%)	参考试验电压 $U_{REF}$ (取决于保护模式)			
			V			
			L-N (PEN)	L-PE	L-L	N-PE
无地线和中性线的三相 TT 系统 	230/400	10	---	255	440	---
无地线的三相 TT 系统 	230/400	10	255	255	440	255
有 PEN 线的三相 TN-C 系统 	230/400	10	255	255	440	255
有地线和中性线的三相 TN-S 系统 	230/400	10	255	255	440	255
	240/415	6	255	255	440	255
	120/208	10	132	132	230	50
	277/480	10	305	305	530	115
有中性线的三相 IT 系统 	230/400	10	255	440	440	255
无中性线的三相 IT 系统 	230	10	---	255	255	---
单相 TN-S 系统 	230	10	255	255	---	255
	120		132	132		132
一角接地的三相 (Delta) 的 TN, TT 和 IT 系统 	230	10	---	264	264	---
	200 (202)			222	222	

		460		---	528	528	---
中心线圈接地的三相 (Delta) 的 TN 和 TT 系统		230	10	132	264	264	---
		200 (202)		---	129 192	222	---
		460		---	528	528	---
分相 TN 系统		120/240	10	132	132	264	132
注: 如果对于某些应用需要更高的电压波动 (如 15%), 依据制造厂和用户的特别协议。							

## 附录 B (规范性附录) TOV 等级

试验流程取决于 SPD 根据制造厂提供的安装指南在低压配电系统中预期的应用。

对于 IEC 60364 系列标准定义的系统, 表 B.1 给出了 TOV 的值。

表 B.1 符合 IEC 60364 系列标准的系统的 TOV 试验值

应用模式	TOV 试验参数		
	t=5 秒 (用户装置内的低压系统故障) (7.2.8.1 的要求和 8.3.8.1 的试验)	t=120 分钟 (配电系统的低压系统故障 和缺零) (7.2.8.1 的要求和 8.3.8.1 的试验)	t=200 ms (高压系统的故障) (7.2.8.2 的要求和 8.3.8.2 的试验)
SPD 连接到:	耐受模式	耐受或可接受的安全失效模式	耐受或可接受的安全失效模式
	TOV 试验值 $U_T$ (V)		
<b>TN-系统</b>			
连接至 L-(PE)N 或 L-N	$1.32 \times U_{REF}$	$\sqrt{3} U_{REF}$	
连接至 N-PE			
连接至 L-L			
<b>TT-系统</b>			
连接至 L-PE	$\sqrt{3} U_{REF}$	$1.32 \times U_{REF}$	$1200 + U_{REF}$
连接至 L-N	$1.32 U_{REF}$	$\sqrt{3} U_{REF}$	
连接至 N-PE			1200
连接至 L-L			
<b>IT-系统</b>			
连接至 L-PE			$1200 + U_{REF}$
连接至 L-N	$1.32 \times U_{REF}$	$\sqrt{3} U_{REF}$	
连接至 N-PE			$1200 + U_{REF}$
连接至 L-L			
$U_{REF}$ 用于试验的参考试验电压, 考虑到电力系统的最大电压波动 (参见附录 A) $U_0$ : 在 TN 或 TT 系统中: 标称交流线对地电压的有效值; 在 IT 系统中: 相线和中性线或中点线之间的标称交流电压, 视情况而定 (参见 IEC 60364-4-44: 2007 中 442.1.2) $1.32 \times$ : 当电压波动不超过 10% 时, $U_{REF} = 1.1 U_0$ 。(参见 IEC 60364-4-44: 2007 中 442.5)			
注: 由于在某些国家的电压波动超过 10%, 本标准中的 $U_{REF}$ 适用于普通情况。电压波动的进一步信息可见 IEC 60038。			

特殊配电系统的要求

(略)

## 附录 C（规范性附录）确定是否存在开关型元件和续流大小的试验

该试验应由制造厂进行，用以提供 7.1.1 d1)和/或 7.1.1 d2)要求的信息。

### C1. 确定是否存在开关型（Crowbar 型）元件的试验

只有当不知道SPD的内部设计时，才必须进行这试验。仅对这项试验，应使用一个新的试品。

SPD的I类试验和II类试验，采用8/20标准冲击电流，幅值为制造厂规定的 $I_{\max}$ 或 $I_{\text{imp}}$ 。SPD的III类试验，采用复合波发生器，开路电压等于制造厂规定的 $U_{\text{oc}}$ 。

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上的电压波形图（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（crowbar）元件。

### C2. 确定续流大小的试验

预备性试验是用来确定续流的峰值是大于还是小于500A。

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。

a) 试验应用另外一个试品进行。

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

c) 试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，应等于最大持续工作电压  $U_c$  %。交流电源的频率应符合 SPD 的额定频率。

d) 应用 8/20 冲击电流或复合波触发续流。

e) 峰值应相当于  $I_{\max}$  或  $I_{\text{imp}}$  或  $U_{\text{oc}}$ 。

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

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

## 附 录 D（规范性附录）简化试验程序

用以符合性验证的递交的样品数量和实施的试验程序。

如果产品已经根据 IEC 61643-1: 2005，可采用表 D.1 的简化试验程序。

对于新的产品，需要根据条款 7 和表 3 进行完整的型式试验。

表 D.1 符合 IEC61643-1: 2005 的 SPD 的简化试验程序

试验系列	试验项目	分条款	是否要求试验
1	标识和标志	7.1.1/7.1.2/8.2	是
	安装	7.3.1	否
	接线端子和连接	7.3.2/7.3.3/8.4.2	否
	防直接接触试验	7.2.1/8.3.1	否
	环境，IP 代码	7.4.1 / 8.5.1	否
	残流	7.2.2 / 8.3.2	是
	动作负载试验	7.2.4/8.3.4b	否
	I，II，III 级动作负载试验	8.3.4.2 /8.3.4.3/8.3.4.5	否
	I 级试验的附加动作负载试验	8.3.4.4	否
	热稳定性试验	7.2.5.2 / 8.3.5.2	是
	电气间隙和爬电距离	7.3.4 / 8.4.3	是
	球压试验	7.4.2 / 8.5.3	否
	耐非正常热和火	7.4.3 / 8.5.4	否
	耐漏电起痕	7.4.4 / 8.5.5	否
2	电压保护水平	7.2.3/8.3.3	否
	残压	8.3.3.1	否
	波前放电电压	8.3.3.2	否
	用复合波测限制电压	8.3.3.3	否
2a	见下-仅如适用		
2b	见下-仅如适用		
3	绝缘电阻	7.2.6 / 8.3.6	否
	介电强度	7.2.7 / 8.3.7	否
3a	见下-仅如适用		
	机械强度	7.3.5 / 8.4.4	否
	耐热试验	7.2.5 / 8.3.5.1	否
3b <sup>c</sup>	见下-仅如适用		

3c	见下-仅如适用		
4 <sup>e</sup>	耐热试验	7.4.2 / 8.5.2	否
	TOV 试验	7.2.8 / 8.3.8	是
	低压侧故障引起的 TOV	7.2.8.1/8.3.8.1	是
	高中压侧故障引起的 TOV	7.2.8.2/8.3.8.2	是
5 <sup>e</sup>	短路电流特性试验	7.2.5.3 / 8.3.5.3	是
3c <sup>c</sup>	额定负载电流	7.5.1.1 / 8.6.1.1	是
	过载特性	7.5.1.2 / 8.6.1.2	是
2b	负载侧短路电流特性	7.5.1.3 / 8.6.1.3	是
3b	电压降	7.6.2.1 / 8.7.2	否
2a <sup>c</sup>	负载侧冲击耐受	7.6.2.2 / 8.7.3	是
	负载侧短路电流特性试验	7.5.1.3 / 8.6.1.3	是
6	多级 SPD 的总放电电流试验	7.6.1.1 / 8.7.1	是
7	对定义成“户外型” SPD	7.5.2 / 8.6.2	是
3a	分离电路的隔离性	7.5.3/ 8.3.6 /8.3.7	否
8	特性转换过程(预处理试验)	7.5.4 / 8.6.4	是
	冲击耐受试验 (在短路状态下)	7.5.4 / 8.6.4	是
	短路电流性能试验 (在短路状态下)	7.5.4 / 8.6.4	是
<sup>c</sup> 对于该试验序列, 可能要起多于一组试品			

附录 E (资料性附录) 中高压系统故障引起 TOV 下 SPD 试验的可选电路

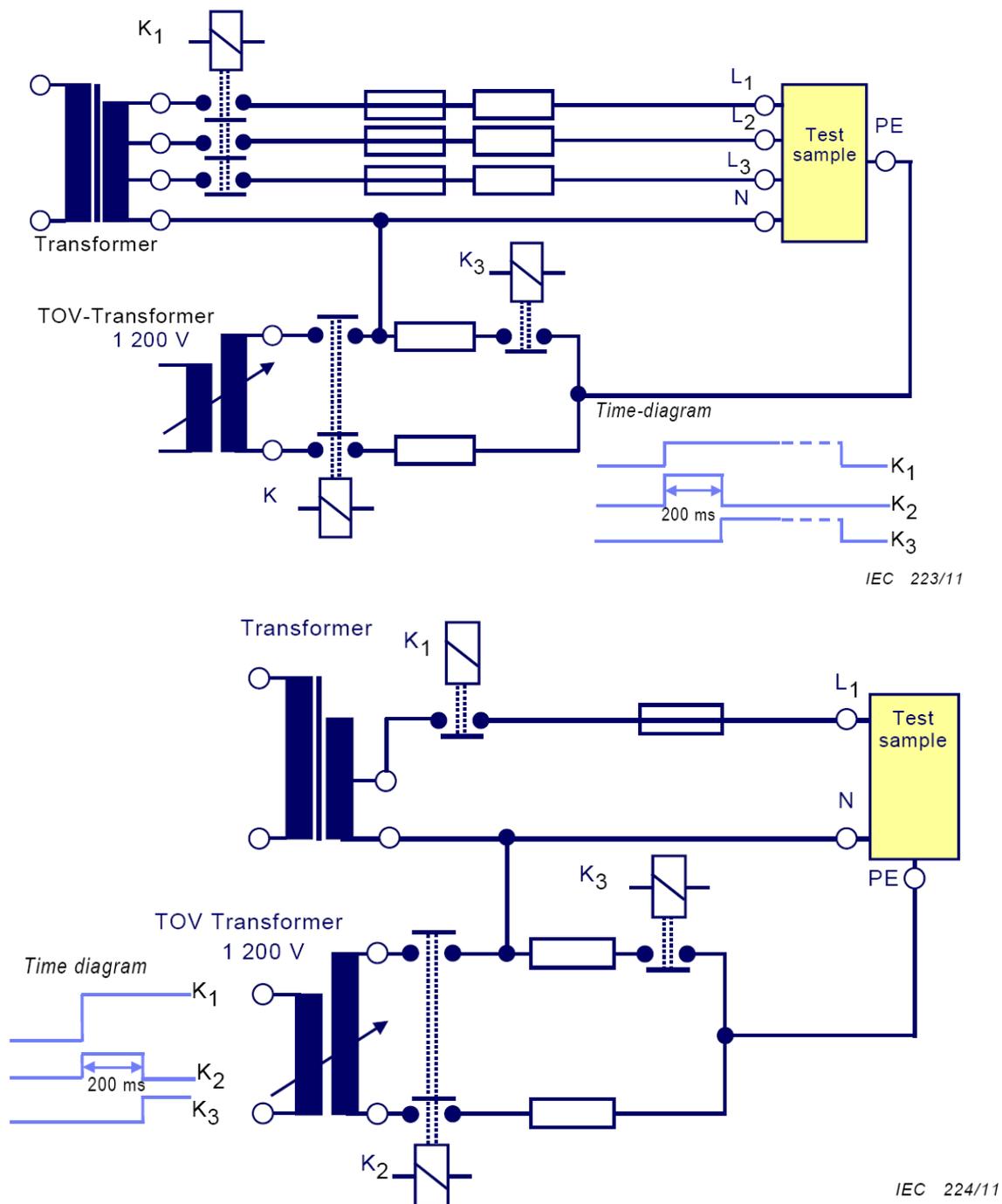


图 E.1 用于中高压系统故障引起 TOV 下 SPD 试验的三相和单相电路的范例

### F.1 UV辐射的加速老化试验

如在户外使用的方式安装试品, 将三个完整的试品按照如下方法暴露在 UV 辐射(UV-B)和喷水 1000 小时: 每次 120 分钟的循环 500 次, 在 60 摄氏度下 102 分钟的 UV 光线, 在 65 摄氏度和 65%的相对湿度下 UV 光线和喷水 18 分钟。UV 辐射应根据 ISO4892-2 的方法 A。ISO4892-1 和 ASTM151 应用作本试验的通用指南。

在试验过程中, 试品应连接到电压为  $U_c$  的工频电源, 并间隔 120 分钟监测残流。试验结束后, 根据 F.2 测试试品。

#### 合格判定标准

在试验过程中和试验结束后, 通过直观检查看看试品有无空隙, 裂痕, 起痕和表面腐蚀。残流不应超过 10%。因评估起痕, 表面腐蚀和裂痕的程度以确定这些情况是否会危害产品的外壳, 从而满足本标准中其他电气和机械性能的要求。

### F.2 水浸试验

本试验根据标准 IEC 60099-4 中的图 8 进行。试品应保持浸泡在容器中 42 小时, 容器盛有含有浓度为  $1\text{kg}/\text{m}^3\text{NaCl}$  的沸腾的去离子水。

注 1: 上述水的特性应在试验开始时测量。

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

在沸腾结束时, 试品应保持在容器中直到水温冷却到大约 20 摄氏度(±15 摄氏度), 并应保持在水中直到进行完验证试验。水浸试验结束后, 试品应接受绝缘试验(F.3)。

### F.3 绝缘试验

试品应接受 1 分钟的 1000V 工频交流电压加两倍参考试验电压  $U_{REF}$  的绝缘试验, 并测量泄漏电流。试验电压根据以下方法施加:

a) 具有金属外壳的 SPD, 含有或不含有安装支架

电压应施加在连接在一起的所有端子或外部引线和金属外壳之间。外部导线不经过内部连接(既不直接也不经过电涌保护元件)连接到外壳。如果所有的端子和外部引线直接或通过元件连接到导电外壳, 则不需进行本试验。

b) 具有非导电外壳的 SPD, 含有非导电支架或不含有支架

非导电外壳应紧紧包裹在导电金属箔内, 距离任何非绝缘的引线或端子的 15mm 内。电压应施加在导电金属箔和连接在一起的所有端子或外部引线之间。

c) 具有非导电外壳和导电支架的 SPD

非导电外壳应紧紧包裹在导电金属箔内, 距离任何非绝缘的引线, 端子和金属安装支架的 15mm 内。电压应施加在导电金属箔和连接在一起的所有端子, 外部引线和安装支架之间。

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

#### 合格判定标准

试验过程中测量得到的泄漏电流不应超过 25mA。

### F.4 温度循环试验

试验应根据标准 IEC 60068-2-14 进行下限温度为-40 摄氏度, 上限为 100 摄氏度的五个循环试验。没半个循环的持续时间为 3 小时, 温度变化时间应控制在 30s 内。

#### 合格判定标准

在试验过程中和试验结束后, 通过直观检查看看试品有无空隙, 裂痕, 起痕和表面腐蚀。残流不应超过 10%。因评估起痕, 表面腐蚀和裂痕的程度以确定这些情况是否会危害产品的外壳, 从而满足本标准中其他电气和机械性能的要求。

---

## F.5 抗腐蚀的验证

具有外露金属部件的 SPD 应进行本试验，并根据制造厂的指引如正常使用状况进行安装。

试品的外壳应是新的并处于干净状态。试品应经过以下试验：

——根据 IEC 60068-2-30 的试验 Db 进行湿热循环试验，在 40 摄氏度和 95%的相对湿度下进行 24 小时的 12 次循环。

——根据 IEC 60068-2-11 的试验 Ka 进行盐雾试验，在  $(35 \pm 2)$  摄氏度的温度下进行 24 小时的 14 次循环。

试验后，试品应用自来水冲洗 5 分钟，在蒸馏水或去矿物质水中清洗，然后摇动或用风筒去除水滴。然后将待测试样本在正常工作条件下保存 2 小时。

合格判定程序

通过直观检查来验证符合以下情况：

——没有生锈，裂化或其他变质的迹象。但是，任何保护层的表面劣化是允许的。如果有疑义，可参考标准 ISO 4628-3 来验证这些试品与样本 Ri1 一致。

——密封没有被破坏。

——任何可移动的部件（脱离器）的动作无需非正常的力。

附录 G (规范性附录) 温升限制

SPD 的部位	温升 K
内部元器件 <sup>a</sup>	满足单个元器件的相关产品标准的要求, 或满足元器件制造厂的声明 <sup>f</sup> , 考虑到 SPD 内的温度。
外部绝缘处理过的导体的端子	70 <sup>b</sup>
汇流排和导体, 连接汇流排的可移除或可更换部件的插入式接触体	受限于: ——导体材料的机械强度 ——对附近设备可能发生的影响 ——接触导体的绝缘材料的允许温度限 ——导体温度对与其连接的设备的影响 ——对于插入式接触, 接触材料的自然处理和表面处理
手动操作手段 —— 金属的 —— 绝缘材料的	15 <sup>c</sup> 25 <sup>c</sup>
可触及的外壳和盖子 —— 金属表面 —— 绝缘表面	30 <sup>d</sup> 40 <sup>d</sup>
插头和插座连接的离散分布	取决于它们构成某部分的相关设备的那些元器件的限制 <sup>e</sup>
<p><sup>a</sup> 术语“内部元器件”指:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>—常规的开关设备和控制设备;</li> <li>—电子部件(如镇流器电桥, 印刷电路版);</li> <li>—设备的一部分(如调压器, 电源稳压单元, 运算放大器);</li> </ul> <p><sup>b</sup> 在安装条件下使用或测试的 SPD 可能有连接。此时连接的类型, 性质和处置和试验采用的不相同, 因此会导致端子上有不同的温升。当内部元器件的端子也是外部经过绝缘处理的导体的端子, 因采用对应的温升限制的较低值。</p> <p><sup>c</sup> 手动操作指只有被打开之后才可以触及的 SPD 的内部, 例如不经常操作的拉出式手柄, 在这些温升限制上可以允许有 25k 的提高。</p> <p><sup>d</sup> 除非有其他的指定, 对于可以被接触到但是在正常使用下无需被触摸的盖子和外壳, 在温升限制上允许有 10k 的提高。</p> <p><sup>e</sup> 在设备方面(如电子装置)允许有灵活度, 它们的温升限制不同于开关设备和控制设备。</p> <p><sup>f</sup> 对于根据 8.6.1.1 进行的温升试验, 温升限制应该由制造厂指定。</p> <p><sup>g</sup> 假设其他的判据都已经满足, 裸铜汇流排和导体不应超过 105K 的最大温升。这 105K 与铜发生退火后的温度有关。</p>	

---

## 参 考 文 献

IEC 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60050-151, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60060-2, *High-voltage test techniques – Part 2: Measuring systems*

IEC 60068-2-11:1981, *Environmental testing – Part 2-11: Tests – Test Ka: Salt mist*

IEC 60068-2-14:2009, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-30, 2005, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)*

IEC 60099-4:2004, *Surge arresters – Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems*

IEC 60320 (all parts), *Appliance couplers for household and similar general purposes*

IEC 60364-4-44:2007, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60364-5-51, *Electrical installations of buildings – Part 5-51: Selection and erection of electrical equipment – Common rules*

IEC 60364-5-53:2001, *Electrical installations of buildings – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control*

IEC 60884-1, *Plugs and socket-outlets for household and similar purposes – Part 1: General requirements;*

IEC 60947-1, *Low-voltage switchgear and control gear – Part 1: General rules*

IEC 60947-5-1, *Low-voltage switchgear and control gear – Part 5-1: Control circuit devices and switching elements – Electromechanical control circuit devices*

IEC 60950-1, *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements*

IEC 61008-1, *Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for*

---

*household and similar uses (RCCBs) – Part 1: General rules*

IEC 61643-1:2005, *Low-voltage surge protective devices – Part 11: Surge protective devices connected to*

*Low-voltage power distribution systems – Performance requirements and testing methods*

IEC 61643-12, *Low-voltage surge protective devices – Part 12: Surge protective devices connected to*

*low-voltage power distribution systems – Selection and application principles*

IEC 62305 (all parts), *Protection against lightning*

ISO 2039-2:1987, *Plastics – Determination of hardness – Part 2: Rockwell hardness*

ISO 4892-1:2006, *Plastics – Methods of exposure to laboratory light services – Part 1: General guidance*

ISO 4892-2: 2006, *Plastic – Methods of exposure to laboratory light services – Part 2: Xenon arc lamps*

ISO 4892-3: 2006, *Plastic – Methods of exposure to laboratory light services – Part 3: Fluorescent UV*

*lamps*

IEEE C62.45:2008, *IEEE Guide on surge testing for equipment connected to low-voltage AC power*

*circuits*

ASTM 151 – *Ultra Violet radiation test methods*