

Q/RW

企业标准

低压系统中浪涌保护器（SPD）用 压敏电阻器（MOV）技术规范

- - 发布

- - 实施

发布

目 录

前言	1
1 范围	1
2 有关文件	1
3 术语和定义	2
4 型号命名、结构和等级.....	4
5 额定值和使用环境条件	4
6 技术要求	6
7 试验方法	9
8 检验规则	17
附录 A（标准的附录）模拟热脱离装置示意图.....	22
附录 B（标准的附录）周期检验抽样中压敏电压分组方法的举例说明.....	23
附录 C（资料性附录）电压限制曲线	24
附录 D（资料性附录）多次脉冲电流降额曲线	26
附录 E（资料性附录）电压寿命	28
附录 F（资料性附录）限制电压的测量	31
附录 G（资料性附录）MOV 的失效模式	35

前言

用于低压系统中的浪涌保护器（SPD）从上世纪末以来发展很快，已发展成为具有相当规模和潜力的新兴产业。金属氧化物压敏电阻器（MOV）是 SPD 中使用量最多的核心功能元件，它在技术要求、产品性能以及应用方面有着诸多不同于其他金属氧化物压敏电阻器的特点，而目前国内外有关压敏电阻器的标准均不能完全适合 SPD 用 MOV 的制造、检验和应用，造成制造方和使用方在名词术语、技术要求、试验方法、验收规则等方面出现了诸多不统一的现象，因此 SPD 用 MOV 的生产厂家和应用单位迫切需要制订一个统一的并共同遵守的产品技术规范。

鉴于制订相应行业标准的条件目前尚不成熟，中国电子学会敏感技术分会电压敏专业学部发起并组织了主要的 SPD 用 MOV 的生产厂家编写了本规范草案，并会同应用单位经过五年多来反复讨论、修改和试验验证，最终完成了本规范的制订。

在本规范制定过程中，我们紧密掌握和跟踪了国际标准和国外先进标准的现状和发展趋势，在充分消化、吸收了其中的先进之处，并充分考虑了当前产品的实际水平和未来发展需求的基础上，将诸多最新的理论和应用技术成果综合体现在本规范中，从而使本规范具有适用性、继承性和先进性，为促进我国在该领域产品技术的进一步发展、提高产品的国际竞争力奠定了扎实的基础。

参加编制本规范的单位有：常州创捷电子有限公司、河南金冠电气有限公司、苏州中普电子有限公司、成都铁达电子有限责任公司、陕西华星压敏电阻器厂、西无二电子信息集团敏感元器件公司、佛山科星电子有限公司、东莞舜全电器器材有限公司、汕头鸿志企业有限公司、贵州飞舸电子有限公司、联顺电子（惠阳）有限公司、隆科电子（惠阳）有限公司、爱普科斯电子元器件（珠海保税区）有限公司、敏德电子（上海）有限公司、北海新锐电子有限公司、西安电瓷研究所、君耀股份有限公司、新福特敏感电子有限公司、北京中科天力电子有限公司、肇庆先华敏感电子有限公司、兴勤（常州）电子有限公司（排名不分先后）。

以上单位一致同意将本规范经本单位有关领导批准，并按法定程序审批备案后，作为本企业的企业标准等同或等效采用。

本规范的著作权属以上单位共同所有，其他任何组织、单位和个人不得以任何形式侵权。

本规范后附录 A、B 属标准性附录，构成本规范的一部分；附录 C~G 属资料性附录，由张南法提供。

本规范起草人：张南法、韩长生、孙丹峰、张俊峰、钦疾风、王玉平、费自豪、王建文、敬履伟、蔡德惠、伦振雄、席万选、周云福、曾清隆、曾清池、吕建勋、梁思强、周进、谭志共、王树红、屠克俭

标准化审查：李永祥

批准：

低压系统中浪涌保护器（SPD）用压敏电阻器（MOV）技术规范

1 范围

本规范适用于电压不超过交流 1000 V（有效值）或直流 1500 V 的电源电路、通信及信号电路中使用的金属氧化物压敏电阻器（以下简称 MOV），它们作为浪涌保护器（以下简称 SPD）的主要功能元件，用来抑制浪涌过电压，保护设备和人员的安全。

本规范适用于单只 MOV，即仅包含一个基片和两个电极的 MOV，不适用于由多个单只 MOV 组成的组合装置或包含有 MOV 的其他复合装置。本规范不考虑不同的安装方式对 MOV 性能的影响，所给出的性能要求仅适用于按试验方法规定的方式安装的 MOV。

2 有关文件

下列文件中的条款通过本规范的引用而成为本规范的条款。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规范，然而，鼓励根据本规范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规范。

GB 1772—79 电子元器件失效率试验方法

GB 2423.1—89 电工电子产品基本环境试验规程，试验 A：低温试验方法

GB 2423.2—89 电工电子产品基本环境试验规程，试验 B：高温试验方法

GB/T 2423.3—93 电工电子产品基本环境试验规程，试验 Ca：恒定湿热试验方法

GB/T 2423.4—93 电工电子产品基本环境试验规程，试验 Db：交变湿热试验方法

GB/T 2423.5—1995 电工电子产品基本环境试验规程，试验 Ea：冲击

GB/T 2423.6—1995 电工电子产品基本环境试验规程，试验 Eb：碰撞

GB/T 2423.10—1995 电工电子产品基本环境试验规程，试验 Fc：振动（正弦）

GB/T 2423.17—93 电工电子产品基本环境试验规程，试验 Ka：盐雾试验方法

GB 2423.22—87 电工电子产品基本环境试验规程，试验 Na：温度速变试验方法

GB/T 2423.25—92 电工电子产品基本环境试验规程，试验 Z/AM：低温/低气压综合试验

GB/T 2423.29—1999 电工电子产品基本环境试验规程，试验 U：引出端和整体安装件的强度

GB/T 2828.1—2003 逐批检查计数抽样程序及抽样表

GB/T 5169.5 电工电子产品着火危险性试验 第 2 部分：试验方法 第 2 篇 针焰试验

GB/T 10193—1997 电子设备用压敏电阻器 第 1 部分：总规范

GB/T 10194—1997 电子设备用压敏电阻器 第 2 部分：分规范 浪涌抑制型压敏电阻器

GB/T 10195.2—1997 电子设备用压敏电阻器 第 2 部分：空白详细规范 氧化锌浪涌抑制型压敏电阻器 评定水平 E

GB 11032—2000 交流无间隙金属氧化物避雷器

GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验

GB/T 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 18802.12—2002 低压配电系统的电涌保护器 (SPD) 第 12 部分: 选择和使用导则
- GB/T 18802.21—2002 低压配电系统的电涌保护器 (SPD) 第 21 部分: 电信和信号网络电涌保护器—性能要求和试验方法
- GB/T 18802.22—2002 低压配电系统的电涌保护器 (SPD) 第 22 部分: 电信和信号网络电涌保护器—选择和使用导则
- GB/T 19663-2005 信息系统雷电防护术语
- GB/T 16927.2 高电压试验技术—第 2 部分: 测量系统
- IEC 61643-331: 2003 Components for Surge-Protective Devices Part 331: Specification for Metal Oxide Varistors (MOV)
- IEEE C62.33-82 IEEE Standard, Test Specification for Varistor Surge Protective Devices
- MIL-PRF-83530B: 2002 Performance and Specification: Generic Specification for Metal Oxide Varistors
- UL 1449 Standard for Transient Voltage Surge Suppressors (Second Edition)

3 术语和定义

本规范采用下述术语和定义:

3.1 直流参考电流 dc reference current I_r

用于确定压敏电压的测试电流, 除非另有规定, 为 1.0 ± 0.1 mA 的直流电流。

3.2 压敏电压 varistor voltage U_n

在规定温度和直流参考电流下测得的 MOV 两端的电压值, 也称为直流参考电压。

3.3 直流漏电流 dc leakage current I_{Ld}

在规定温度和规定的直流电压下测得的流过 MOV 的电流值。除非另有规定, 测试电压值为 $0.75 U_n$ 。

3.4 交流漏电流 ac leakage current I_{La}

在规定温度和最大连续交流电压 U_c 下测得的流过 MOV 的电流有效值。

3.5 最大连续交流电压 maximum continuous ac voltage U_c

在规定温度下, 允许连续施加在 MOV 上的最大工频电压有效值。

3.6 最大连续直流电压 maximum continuous dc voltage U_{cd}

在规定温度下, 允许连续施加在 MOV 上的最大直流电压。

3.7 电容量 capacitance C_v

在规定频率和幅值的正弦电压下测得的 MOV 的电容值 (零偏压)。

3.8 加压比 voltage application ratio R_a

施加在 MOV 上的交流电压峰值或直流电压值与压敏电压之比。

3.9 宽波冲击电流 long duration pulse current I_{LP}

规定波形的等效方波宽度 $\geq 100 \mu s$ 的冲击电流。除非另有规定, 则为 2 ms 方波。

3.10 标称放电电流 nominal discharge current I_n

MOV 能够承受规定次数和规定峰值的 $8/20 \mu\text{s}$ 冲击电流。在本规范中，它用来测定 MOV 的限制电压，并作为动作负载试验前的预处理试验电流。

3.11 最大放电电流 maximum discharge current I_{max}

MOV 的动作负载试验电流，除非另有规定，电流波形为 $8/20 \mu\text{s}$ 。 I_{max} 大于 I_n 。

3.12 等级电流 class current I_{cl}

波形为 $8/20 \mu\text{s}$ 的冲击电流，用于 MOV 的等级限制电压测试。

3.13 多次冲击电流 multi-pulse peak current I_{pm}

MOV 能够承受的等效方波时间宽度为 τ 、连续作用次数为 n 的最大冲击电流峰值的额定值。

3.14 多次冲击电流降额曲线 multi-pulse peak current derating curve

表示多次冲击电流峰值 I_{TSM} 与其等效方波时间宽度 τ 以及冲击次数 n 三者之间关系的曲线 $[I_{\text{TSM}} = f(\tau, n)]$ 。

3.15 多次冲击电流降额系数 multi-pulse peak current derating ratio k_1

多次冲击电流峰值 I_{pm} 对于最大放电电流的比值， $k_1 = I_{\text{pm}} / I_{\text{max}}$ 。

3.16 限制电压 clamping voltage U_{cl}

在 $8/20 \mu\text{s}$ 冲击电流流过 MOV 时，它两端的电压峰值。

3.17 等级限制电压 class clamping voltage U_{clc}

考核和比较 MOV 抑制浪涌过电压能力的一个基本参数，用等级电流 I_{cl} 下的限制电压值来表示。

3.18 I_n 下的限制电压 clamping voltage under I_n U_{cln}

考核和比较 MOV 抑制浪涌过电压能力的一个基本参数，用标称放电电流 I_n 下的限制电压值来表示。

3.19 限压比 clamping voltage ratio R_{cl}

限制电压与压敏电压之比，即 $R_{\text{cl}} = U_{\text{cl}} / U_n$ 。

3.20 电压限制曲线 voltage limiting curve

以规定波形的冲击电流测得的限制电压或限压比与电流峰值的关系曲线。

除非另有规定，冲击电流波形为 $8/20 \mu\text{s}$ ，电流峰值的范围为 1 A 到最大放电电流 I_{max} 。

3.21 额定功耗 rated power dissipation P_M

在规定环境温度下施加连续冲击电流时，MOV 可以耗散的额定平均功率值。

3.22 最大单次冲击能量 maximum single-pulse energy E_{TM}

MOV 能承受的规定波形冲击电流作用一次的额定能量值。除非另有规定，冲击电流为 2 ms 方波电流。

3.23 温度降额曲线 temperature derating curve

MOV 的额定值随温度升高而减小的特性曲线。

3.24 暂时过电压 (TOV) temporary overvoltage U_{TOV}

低压供电系统中，由于故障或操作引起的持续时间较长的工频过电压。

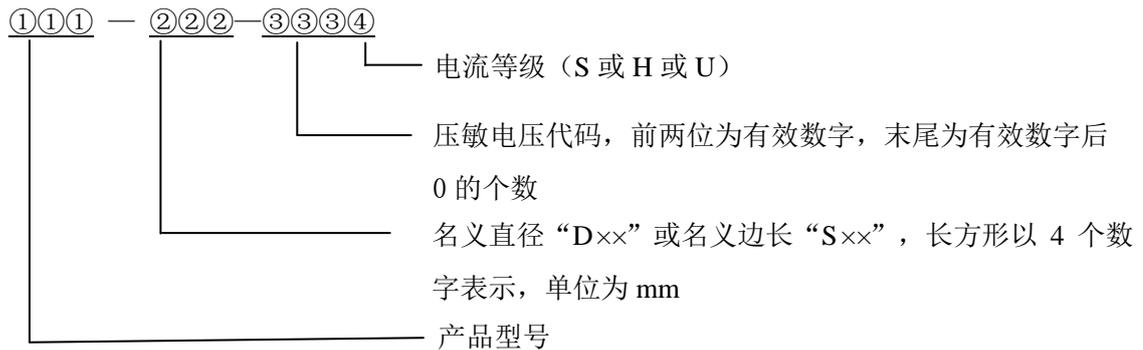
3.25 暂时过电压（TOV）耐受特性 TOV-withstanding performance

在规定温度和试验条件下 MOV 耐受规定的暂时过电压（TOV）而不发生热击穿的能力。TOV 以电压比值 $R_{TOV} = U_{TOV} / U_c$ ，即工频暂时过电压有效值对 MOV 最大交流连续电压之比来表示。

4 型号命名、结构和等级

4.1 型号命名

产品型号命名，由采用本规范的企业规定。推荐使用下面的型号命名：



示例 1：YM—D20—201H 表示园片直径是 20 mm，压敏电压为 200 V 的高电流级 MOV。

示例 2：YM—3420—201S 表示长方形边长为 34 mm 和 20 mm，压敏电压为 200 V 的标准级 MOV。

示例 3：YM—S20—201U 表示方形边长 20 mm，压敏电压为 200 V 的特高电流级 MOV。

4.2 产品结构形式

按供货产品外观结构，压敏电阻器（MOV）分为以下三种形式：

- a) MOV 封装片：带有绝缘封装层或装入绝缘外壳的 MOV 成品。
- b) MOV 焊接片：焊接了引线（片）的 MOV 元件。
- c) MOV 基片：制备了银电极的 MOV 元件。

4.3 电流等级

按标称放电电流 I_n ，MOV 分为标准级（S）、高电流级（H）和特高电流级（U）。

5 额定值和使用环境条件

5.1 额定值

5.1.1 MOV 的标称放电电流 I_n 、最大放电电流 I_{max} 、等级电流 I_{cl} 、宽波冲击电流 I_{LP} （2 ms，18 次）和直流漏电流 I_{Ld} 应符合表 1 规定。

表 1 电流额定值

名义等效直径（mm）	14	20	25	32	40	50
标准级（S）						
标称放电电流 I_n （kA）	2.5	4	6	10	20	25
最大放电电流 I_{max} （kA）	5	8	12	20	40	60
宽波冲击电流 I_{LP} （A）	27	45	72	112	180	270

续表 1

名义等效直径 (mm)	14	20	25	32	40	50
高电流级 (H)						
标称放电电流 I_n (kA)	3	5	8	12.5	20	30
最大放电电流 I_{max} (kA)	6	10	16	25	50	70
宽波冲击电流 I_{LP} (A)	34	57	90	140	225	335
特高电流级 (U)						
标称放电电流 I_n (kA)	4	6.5	10	16	26	
最大放电电流 I_{max} (kA)	8	13	20	32	65	
宽波冲击电流 I_{LP} (A)	45	75	115	180	290	
等级电流 I_{cl} (A)	50	100	150	200	300	450
25℃下直流漏电流 $I_{Ld} \leq (\mu A)$	15	20	25	35	40	40
85℃下直流漏电流 $I_{Ld} \leq (\mu A)$	30	30	40	40	40	60

5.1.2 MOV 的额定功耗 P_M 和最大单次冲击能量 E_{TM} 由制造方规定。

5.1.3 MOV 的最大连续交流电压 U_c 、最大连续直流电压 U_{cd} 、等级限制电压 U_{clc} 和 I_n 下的限制电压 U_{cln} 应符合表 2 规定。

表 2 电压额定值

压敏电压 U_n (V)	最大连续电压 (V)		限制电压 (V)	
	交流 U_c	直流 U_{cd}	等级限制电压 U_{clc}	I_n 下的限制电压 U_{cln}
205	130	170	340	520
220	140	180	360	550
240	150	200	395	605
275	175	225	455	695
300	195	250	505	770
330	210	270	545	835
360	230	300	595	910
390	250	320	650	985
430	275	350	710	1090
470	300	385	775	1190
510	320	410	845	1290
560	350	450	930	1420
620	385	505	1025	1570
680	420	560	1120	1720
750	460	615	1240	1900
820	510	670	1355	2070
910	550	745	1500	2300
1000	625	825	1650	2530
1100	680	895	1815	2780
1200	750	1060	2000	3040

5.1.4 温度降额曲线

MOV 的额定值：标称放电电流 I_n ，最大放电电流 I_{max} ，宽波冲击电流 I_{LP} （2 ms，18 次），额定功耗 P_M 和最大单次冲击能量 E_{TM} ，应按图 1 随温度升高而减小，即当环境温度不高于 +85 °C 时，为规定额定值 100 %；当环境温度高于 +85 °C 时，温度每提高 1 °C，额定值降低 2.5 %。

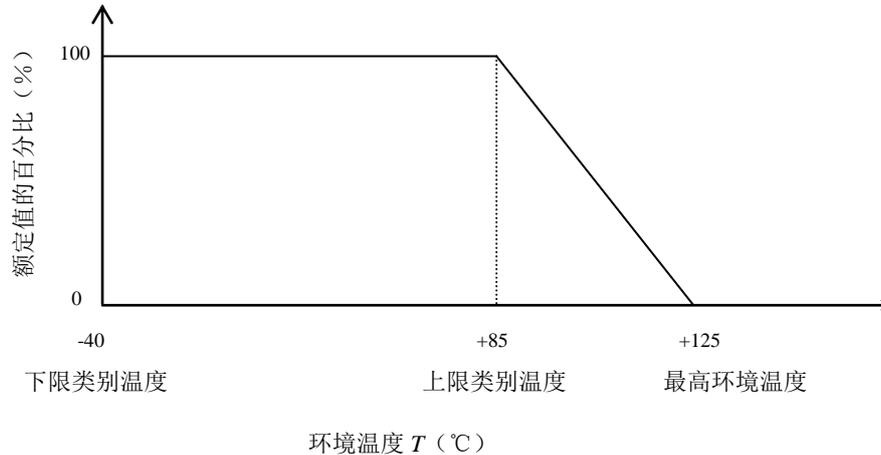


图 1 温度降额曲线

5.2 使用环境条件

5.2.1 正常使用条件

- a) 工作温度范围：-40 °C ~ +85 °C；
- b) 存放温度范围：-40 °C ~ +125 °C；
- c) 相对湿度：MOV 基片和焊接片：室温下 < 60 % RH；
MOV 封装片：室温下 < 95 % RH；
- d) 大气压：86 kPa ~ 106 kPa（海拔高度 1000 m 以下）。

5.2.2 异常使用条件

MOV 的使用条件不同于正常使用条件时，须经制造方和购买方协商确定，并在设计、制造和应用时给予特别的考虑。这些条件主要有：

- a) 环境温度超出正常使用条件；
- b) 大气压 86 kPa 以下（海拔高度 1000 m 以上）；
- c) 非正常振动或碰撞；
- d) 重量或空间限制；
- e) 盐雾暴露。

6 技术要求

6.1 外观

符合图纸和标样的要求。标志正确、清晰。

6.2 尺寸

外形尺寸和安装尺寸应符合图纸要求。

6.3 压敏电压

压敏电压值应在规定的范围内。

6.4 直流漏电流

在环境温度 $+25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ K}$ ，和 $+85\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ K}$ 条件下的直流漏电流应符合表 1 规定，且不应随测试时间的增加而持续升高（“爬升”现象）。

6.5 交流漏电流

交流漏电流应符合制造方或合同的规定。

6.6 电容量

电容量应符合制造方或合同的规定。

6.7 I_n 下的限制电压和等级限制电压

I_n 下的限制电压和等级限制电压应符合表 2 规定。

6.8 冲击电流

在环境温度 $+5\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ K}$ 条件下，标称放电电流 I_n ，最大放电电流 I_{\max} 和宽波冲击电流 I_{LP} （2 ms, 18 次）应符合本规范 7.8 的规定。

6.9 额定功耗

额定功耗应符合本规范 7.9 的规定。

6.10 最大单次冲击能量

最大单次冲击能量应符合本规范 7.10 的规定。

6.11 TOV 耐受性

在环境温度 $+25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ K}$ 条件下，按本规范 7.11.1 或 7.11.2 的方法进行试验

对 MOV 施加 x 倍的最大连续交流电压（ xU_c ），电压倍数 x 由合同规定，当合同没有规定时， x 的取值为 1.3。

按 7.11.1 试验时，MOV 热击穿以前表面的最低温度和所吸收的能量值不应低于合同规定；

按 7.11.2 试验时，MOV 能在热击穿前实现可靠热脱离。

6.12 电压寿命

电压寿命按合同规定。在合同没有规定的情况下应符合下面的要求：

按本规范 7.12 进行加速寿命试验，在环境温度 $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和最大连续交流电压下的理论工作寿命不少于制造方的规定，本规范推荐 28 y 或 55 y。

6.13 基片的要求

6.13.1 可焊性

基片的银电极层应被焊锡均匀、完整地覆盖。

6.13.2 附着力

银电极层与瓷体之间的附着力，按本规范 7.13.2 方法试验，得到的切向拉力 $\geq 50\text{ N/cm}^2$ 。

6.14 引出端可焊性

引出端应有良好的可焊性，符合本规范 7.14 的要求。

6.15 引出端强度

6.15.1 拉力—Ua1 试验

引线和引出片，应能经受 GB/T 2423.29 的拉力—Ua1 试验，并符合本规范 7.15.1 的要求。

6.15.2 弯折—Ub 试验

引线应能经受 GB/T 2423.29 的弯折—Ub 试验，并符合本规范 7.15.2 的要求。

6.15.3 转矩—Ud 试验

带有螺纹固定方式的引出端，应能经受 GB/T 2423.29 的转矩—Ud 试验，并符合本规范 7.15.3 的要求。

6.16 耐电压

绝缘封装层应具有耐受工频电压 2500 V，1 min 的能力。

6.17 绝缘电阻

绝缘封装层的绝缘电阻在正常工作条件下 $\geq 1000 \text{ M}\Omega$ ；

气候顺序试验和恒定湿热试验后 $\geq 100 \text{ M}\Omega$ 。

6.18 绝缘封装的着火危险性

绝缘封装层应能经受 GB/T 5169.5 规定的针焰试验，并符合本规范 7.18 的要求

6.19 标志牢固性

标志应能经受本规范 7.19 规定的擦拭而保持清晰。

6.20 环境试验

6.20.1 振动

MOV 应能经受 GB/T 2423.10 的振动 (Fc) 试验，并符合本规范 7.20.1 的要求。

6.20.2 碰撞或冲击

MOV 应能经受 GB/T 2423.6 的碰撞 (Eb) 试验或 GB/T 2423.5 冲击 (Ea) 试验，并符合本规范 7.20.2 的要求。

6.20.3 温度速变

MOV 应能经受 GB/T 2423.22 的温度速变 (Nc) 试验，并符合本规范 7.20.3 的要求。

6.20.4 恒定湿热

MOV 应能经受 GB/T 2423.3 的恒定湿热 (Ca) 试验，并符合本规范 7.20.4 的要求。

6.20.5 气候顺序试验

MOV 应能经受按以下顺序的试验：

GB 2423.2 干热试验 (Ba)：+85 °C，16 h；

GB/T 2423.4 交变湿热试验 (Db) 的第 1 周期；

GB 2423.1 低温试验 (Aa)：-40 °C，2 h；

交变湿热试验 (Db) 的其余 4 个周期。

试验后 MOV 应符合本规范 7.20.5 中 g) 的要求。

6.20.6 低温/低气压

用于低温/低气压综合环境条件下的 MOV，应能经受 GB/T 2423.25 的低温/低气压综合 (Z/AM) 试验，并应符合本规范 7.20.6 的要求。

6.20.7 盐雾试验

用于盐雾环境条件下的 MOV，应能经受 GB/T 2423.17 的盐雾 (Ka) 试验，并应符合本规范 7.20.7 的要求。

6.21 应用资料

MOV 的制造方向应向使用方提供必要的资料，以便于使用方选用和进行应用设计。推荐提供下述资料。

- a) 使用基片和焊接片的工艺要求；
- b) 电压限制曲线；
- c) 多次脉冲电流降额曲线；
- d) 暂时过电压 (TOV) 耐受特性。

7 试验方法

一般要求：

- a) 除非另有规定，应在环境温度： $+15\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度： $45\%\text{ RH}\sim75\%\text{ RH}$ 、大气压： $86\text{ kPa}\sim106\text{ kPa}$ 的条件下进行试验；
- b) 基片和焊接片，必要时应先绝缘包封，然后进行试验；
- c) MOV 两个方向测得的电气特性值可能不完全相等（极化现象），因此测量前应在样品上作方向标识，并分别测量两个方向的数值；
- d) MOV 电参数的变化既可以是正变化，也可以是负变化，本规范中的“变化率”均指变化率的绝对值；
- e) MOV 的测试中，涉及到高电压、大电流，必须遵守安全操作规程，特别是：
 - 带有电子器官者（如心脏起搏器）不能操作；
 - 保持测试系统接地良好；
 - 样品必须放入封闭的测试室中进行测试，以免爆裂飞出的碎片伤人。放电时眼睛不要直视样品或放电间隙，以免电弧的强光伤眼。

7.1 外观

目测检查应符合本规范 6.1 的要求。

7.2 尺寸

用分度值 0.02 mm 的游标卡尺测量，应符合本规范 6.2 的规定。

7.3 压敏电压

将 $1\text{ mA}\pm 0.1\text{ mA}$ 的直流电流通入样品，其交流成分（纹波）不大于 1% ，在 $40\text{ ms}\sim 400\text{ ms}$ 内读取样品两端的电压值，应符合本规范 6.3 的要求。电压的测量偏差 $\leq \pm 0.5\%$ 。

7.4 直流漏电流

测试电压为 $(0.75 \pm 0.01) U_n$ (U_n 是实测的压敏电压), 加上电压后 $0.2 \text{ s} \sim 2 \text{ s}$ 内读取样品中的电流, 测量偏差不大于读数值 $\pm 2\% + 0.1 \mu\text{A}$, 测试值应符合表 1 规定, 且不应随测试时间的增加而持续升高。

7.5 交流漏电流

将一只精密电阻作为电流取样电阻与样品串联, 给样品和测量电阻施加最大连续交流工作电压, 用误差不大于 $\pm 0.5\%$ 的真有效值电压表, 在 $100 \text{ ms} \sim 200 \text{ ms}$ 内, 测出测量电阻上的电压, 计算流过样品的电流, 应符合本规范 6.5 的要求。

交流电压有效值的允许偏差为 $\pm 0.5\%$ 、波形为正弦波, 其峰值对于有效值的比值应在 $\sqrt{2} \times (1 \pm 2\%)$ 内。用示波器检测电流取样电阻上的电压波, 不应有寄生高频波。

7.6 电容量

7.6.1 样品应未经受过其他加电测量。

7.6.2 用频率 1000 Hz , 有效值不大于 1 V 的正弦信号测量电容量 (零偏压), 应符合本规范 6.6 的要求。测量误差 $\leq \pm 5\%$ 。

7.7 I_n 下的限制电压和等级限制电压

7.7.1 测试电流为 $8/20 \mu\text{s}$ 电流波, 波前时间为 $8 \mu\text{s} \times (1 \pm 10\%)$ 。

7.7.2 冲击电流的施加点和限制电压的测量点: 引出端的末端。

7.7.3 两个方向测量每只样品在表 1 规定的 $I_n \times (1 \pm 5\%)$ 下的限制电压, 其值应小于表 2 规定的值。

7.7.4 估算样品代表批 I_n 下的限制电压的最大值

两个方向测量每只样品的压敏电压和表 1 规定的 $I_n \times (1 \pm 5\%)$ 下的限制电压, 分别计算出两个方向的限压比, 取大者为该只样品的限压比, 取全部样品的限压比最大值作为该批产品的最大限压比。用最大限压比乘以样品代表批的最高压敏电压, 得出该批产品 I_n 下的限制电压的最大值, 该最大值应小于表 2 规定的值。

7.7.5 测量等级限制电压的测量电流为表 1 规定的 $I_{cl} \times (1 \pm 5\%)$, 方法同 7.7.1~7.7.3; 估算样品代表批最大等级限制电压的方法同 7.7.4。

7.8 冲击电流

7.8.1 标称放电电流 I_n 和最大放电电流 I_{max} 的试验, 在环境温度为 $+25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ K}$ 的条件下进行。

7.8.2 试验设备的要求:

a) 冲击电流发生器: 冲击电流发生器输出到样品的冲击电流波形参数, 应在 GB/T 10193 规定的范围内, 峰值偏差在规定值的 $\pm 5\%$ 以内。放电电流不应测试系统产生干扰。

b) 工频电源: 输出电压的允许偏差为 $\pm 1\%$ 。最大输出能力应保证在电阻性负载电流为 5 A 时, 输出电压相对于开路电压的降低 $\leq 1\%$ 。电压测量精度为 $\pm 1\%$ 。电压的波形为正弦波, 其峰值与有效值之比应在 $\sqrt{2} \times (1 \pm 2\%)$ 内。

c) 同步放电系统: 冲击电流应加在工频电压的 $90^\circ (+0^\circ, -15^\circ)$ 相位上, 且与工频电压同相。

d) 去耦网络: 不应影响 $8/20 \mu\text{s}$ 冲击电流的波形参数有明显的影, 这些参数仍应在规定的偏差范围

内。

e) 表面温度仪: 温度范围 $15\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$, 测量精度 $\pm 2\text{ K}$ 。

f) 功耗表: 测量精度 $\pm 5\%$ 。

7.8.3 I_n 和 I_{\max} 在逐批检验中的试验方法

a) 测量每只样品两个方向上的压敏电压和 I_n 下的限制电压, I_n 的取值按表 1 规定;

b) 施加 15 次标称放电电流 I_n , 冲击方向相同, 15 次冲击分为 3 组, 每组 5 次, 同组内的间隔时间 $50\text{ s}\sim 60\text{ s}$, 组间间隔时间 $25\text{ min}\sim 30\text{ min}$;

c) 样品在室温条件下恢复 30 min 后, 以 $0.5 I_{\max}$ 、 $0.75 I_{\max}$ 和 $1.0 I_{\max}$ 三个电流各冲击一次, 间隔时间 $25\text{ min}\sim 30\text{ min}$, 冲击方向同 b);

d) 样品在室温条件下恢复 30 min 后, 首先复测每只样品两个方向上的压敏电压, 然后复测在标称放电电流 I_n 下的限制电压, 计算此测量值相对与 a) 中测量值在两个方向上的变化率。

e) 合格判据

试验中样品没有击穿、闪络和结构破坏;

两个方向上压敏电压和 I_n 下的限制电压的变化率均 $\leq 10\%$ 。

7.8.4 动作负载试验的检验方法

a) 测量每只样品两个方向上在标称放电电流 I_n 下的限制电压, I_n 的取值按表 1 规定;

b) 预处理冲击电流试验:

样品上施加最大连续交流电压 U_c , 在工频电压的 90° 相位施加 15 次标称放电电流 I_n , 电流方向不变, 15 次冲击分为 3 组, 每组 5 次, 同组内的间隔时间 $50\text{ s}\sim 60\text{ s}$, 组间间隔时间 $25\text{ min}\sim 30\text{ min}$ 。

c) 最大放电电流试验:

样品上连续施加最大连续交流电压 U_c , 在工频电压的 90° 相位以 $0.5 I_{\max}$ 、 $0.75 I_{\max}$ 和 $1.0 I_{\max}$ 三个电流各冲击一次, 间隔时间 $25\text{ min}\sim 30\text{ min}$, 冲击方向同 b), 每次冲击后观测 30 min , 样品应能达到热稳定, 其判据为样品表面温度或功耗升到一个最高值后呈下降趋势。若 30 min 内不能判定是否达到热稳定, 允许适当延长观测时间, 但最长不超过 1 h 。

d) 样品在室温条件下恢复 30 min 后, 首先复测每只样品两个方向上的交流漏电流, 然后复测在标称放电电流 I_n 下的限制电压, 计算此限制电压测量值相对与 a) 中测量值在两个方向上的变化率。

e) 合格判据

样品在试验中能够达到热稳定;

交流漏电流 $I_{La} \leq 1\text{ mA}$;

两个方向上 I_n 下的限制电压的变化率 $\leq 10\%$;

试验中没有击穿, 闪络和结构破坏。

7.8.5 宽波冲击电流 (2 ms, 18 次) 试验

a) 测量每只样品两个方向上的压敏电压和等级限制电压;

b) 以表 1 规定的宽波冲击电流, 同一极性冲击 18 次。18 次冲击分为 6 组, 每组 3 次, 同组内的冲击间隔时间 $50\text{ s}\sim 60\text{ s}$, 组间间隔时间 $25\text{ min}\sim 30\text{ min}$;

c) 冲击后样品在室温条件下恢复 30 min, 测量交流漏电流, 并重复 a) 的测量;

d) 合格判据

两个方向上压敏电阻和 I_n 下的限制电压的变化率均 $\leq 10\%$;

交流漏电流 $I_{La} \leq 1 \text{ mA}$;

试验中样品没有击穿, 闪络和结构破坏。

7.9 额定功耗

7.9.1 额定功耗通过对样品进行 8/20 μs , 10000 次冲击电流试验来验证。

7.9.2 试验冲击电流峰值 I_{p10k} 为表 1 规定的最大放电电流 I_{max} 除以表 3 的降额系数 k_1 。

表 3 I_{p10k} 的降额系数 k_1

名义等效直径 (mm)	14	20	25	32	40	50	60	80
降额系数 $k_1 = I_{max} / I_{p10k}$	35	60	60	70	80	100	100	100

7.9.3 测量样品在波形为 8/20 μs 、峰值为 $I_{p10k} \times (1 \pm 5\%)$ 的冲击电流下的限制电压 U_p , 用下式计算冲击间隔时间 τ :

$$\tau = \frac{20.8 \times 10^{-6} U_p I_{p10k}}{P_M} \quad (1)$$

式中 P_M — 规定的额定功耗, 单位: w;

U_p — I_{p10k} 下的限制电压值, 单位: V;

I_{p10k} — 10000 次冲击电流峰值, 单位: A;

τ — 冲击间隔时间, 单位: s。

7.9.4 试验前测量每只样品两个方向上的压敏电压和在 I_{p10k} (8/20 μs) 及 I_n 下的限制电压。

7.9.5 给样品连续施加峰值为 $I_{p10k} \times (1 \pm 10\%)$ 的 8/20 μs , 冲击间隔时间 τ 的偏差应在计算值的 $\pm 5\%$ 以内, 每冲击 50 次变换一次冲击方向, 共 10000 次。试验过程中, 冲击电流发生器在放电时刻, 主放电电容两端的电压偏差应 $\leq 5\%$ 。

7.9.6 样品在室温条件下恢复 1 h~2 h, 按顺序复测每只样品两个方向上的压敏电压、 I_{p10k} 下的限制电压和 I_n 下的限制电压, 计算这些测量值相对与 7.9.4 中测量值在两个方向上的变化率。

7.9.7 合格判据

两个方向上压敏电压、 I_{p10k} (8/20 μs) 和 I_n 下的限制电压的变化率均应 $\leq 10\%$;

试验中样品没有击穿, 闪络和结构破坏。

7.10 最大单次冲击能量

7.10.1 试验前测量每只样品两个方向上的压敏电压和等级限制电压;

7.10.2 以 2 ms 方波电流对样品冲击一次, 其作用于样品的能量值应在 $E_{TM} (-0\%, +10\%)$ 范围内;

7.10.3 样品在室温下恢复 30 min 后重复 7.10.1 的测量。

7.10.4 合格判据

两个方向上压敏电压和等级限制电压的变化率均应 $\leq 10\%$;

试验中样品没有击穿, 闪络和结构破坏。

7.11 TOV 耐受特性

本规范推荐以下两种试验方法:

7.11.1 能量试验法

7.11.1.1 试验设备的要求

a) 工频电源: 电源容量不小于 5 kVA, 输出电路中串联 $10\ \Omega$ 限流电阻, 开路输出电压的偏差为 $\pm 1\%$, 电压波形为正弦波, 其峰值与有效值之比应在 $\sqrt{2} \times (1 \pm 2\%)$ 内。试验过程中, 当输出电流激增时应具有立即自动切断输出电流的功能。

b) 表面温度仪: 红外式扫描温度仪或多点式温度仪 (测量点数不少于 9 点), ($+15\ ^\circ\text{C} \sim +200\ ^\circ\text{C}$) $\pm 2\ \text{K}$ 。

c) 能量测试仪: 测量精度 $\pm 3\%$ 。

7.11.1.2 将样品的一个引出线 (片) 夹持在两个 $\Phi 4\ \text{mm} \times 10\ \text{mm}$ 的陶瓷杆 (75% 的氧化铝陶瓷) 之间, 样品呈悬空水平放置。

7.11.1.3 在环境温度 $+25\ ^\circ\text{C} \pm 5\ \text{K}$ 条件下, 将工频电源的开路输出电压调整到规定值, 偏差不超过 $\pm 1\%$, 加上电压后同时测量样品所消耗的能量值, 直到电流激增且被自动切断为止。试验过程中, 多点检测样品的表面温度的最高值, 并记录它们中的最低值, 此最低值应不小于规定值。所测得的能量值应不小于规定值。

7.11.2 模拟热脱离试验法

7.11.2.1 工频电源: 短路输出电流应在 $300\ \text{A} \times (1 \pm 5\%)$ (有效值) 范围内, 最大输出能力应保证在电阻性负载电流为 50 A 时的输出电压相对于开路电压的降低 $\leq 1\%$ 。电压测量精度 $\pm 1\%$ 。电压波形为正弦波, 其峰值与有效值之比应在 $\sqrt{2} \times (1 \pm 2\%)$ 内。

7.11.2.2 将样品 (MOV 基片) 安装在附录 A 所示的模拟热脱离装置中, 在环境温度 $+25\ ^\circ\text{C} \pm 5\ \text{K}$ 条件下, 将工频电源的输出电压调整到规定值, 偏差不超过 $\pm 1\%$, 并施加在样品的两端。模拟热脱离装置应在样品击穿前实现热脱离。

7.12 电压寿命

7.12.1 样品: 在随机抽取的 MOV 中, 挑选规定数量的压敏电压差别不大于 1% 的样品进行该试验, 测量它们的压敏电压, 并计算平均值 (U_{no})。

7.12.2 试验设备的要求

a) 恒温箱: 控温精度为 $\pm 3\ \text{K}$;

b) 工频电源: 电压的波形为正弦波, 其峰值与有效值之比应在 $\sqrt{2} \times (1 \pm 2\%)$ 内, 电压有效值偏差为 $\pm 0.5\%$, 额定电流值不小于 5 A;

c) 功耗表: 功耗表输入的电压信号用电压分压器取样, 该电压分压器的误差 $\leq \pm 1\%$, 为取得电流信号, 在每只样品上分别串联一只 $(1 \sim 10) \times (1 \pm 0.5\%)\ \text{k}\Omega$ 的精密电阻, 该电阻放在试验箱外。用示波器检查精密电阻上的电压波, 不应有寄生高频波;

7.12.3 试验前测量样品两个方向的压敏电压和 I_n 下的限制电压；

7.12.4 样品放入温度 $+115\text{ }^\circ\text{C} \pm 3\text{ K}$ 的恒温箱中，按相对平均压敏电压 U_{no} 100% 的加压比施加工频电压，试验时间为 1000 h 或 2000 h，对应环境温度为 $+55\text{ }^\circ\text{C}$ 和最大连续交流电压下的理论工作寿命为 28 y 或 55 y；

7.12.5 试验中测量功耗，在第 48 h、168 h、500 h 时测量，以后每隔 100 h 测量一次。测试参数时，应确保温度处于 $+115\text{ }^\circ\text{C} \pm 1\text{ K}$ 范围内；

试验最后一次测得的功耗，不应大于试验中测得的最小值的 1.2 倍；

7.12.6 试验结束后在室温下恢复 1 h~2 h，复测样品两个方向的压敏电压和 I_n 下的限制电压，它们相对于 7.12.3 的测得值的变化率应 $\leq 5\%$ 。

7.13 基片的要求

7.13.1 可焊性

基片银电极层的可焊性按合同规定的焊接方法进行试验。

7.13.2 附着力

按基片的实际焊接方法，将实际使用的电极焊接在银电极层上，依银电极层与水平方向垂直的方式固定基片，将适当质量（按本规范 6.13.2 的切向拉力要求和焊接面积计算）的砝码悬挂在电极上，持续 30 s 以上，电极与银电极层不应脱离，且没有可见的机械损伤。

7.14 引出端可焊性

用焊槽法检验引出端的可焊性。焊槽温度 $+260\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ K}$ ，浸入时间 $2\text{ s} \pm 0.5\text{ s}$ ，浸入深度距离电阻体 $2.5\text{ mm} \sim 3.5\text{ mm}$ 。浸焊后目视检查引出端，焊料能完整、均匀地着锡。

7.15 引出端强度

7.15.1 拉力试验—Ua1

将样品固定，引线或引出片垂直向下，在其上悬挂砝码，作用时间 1 min，不应有机械损伤。砝码的质量及其对应的拉力见表 4。

表 4 引线（引出片）的拉力

引线或引出片截面积 (mm^2)	≤ 1	≤ 1.5	≤ 4	≤ 6
砝码质量 (kg)	3	4	5	6
拉力 (N)	30	40	50	60

注：也可以用拉力计进行试验。

7.15.2 弯折—Ub 试验

将样品固定，引线往一个方向弯折 90° 两次，再往反方向弯折 90° 两次，试验后目测检查，不应有机械损伤。

7.15.3 转矩—Ud 试验

对于具有螺栓、螺钉和螺母的引出端，对正常装在每个引出端上的每个螺栓、螺钉和螺母进行该试验。拧紧/拧松螺栓、螺钉和螺母，试验 5 个循环，转矩按表 5 规定。

拧紧后沿导线轴向按表 4 施加拉力，引出端不应松动，螺栓、螺钉和螺母试验后应能够松开。

表 5 转矩与螺纹标称直径的对应关系

螺纹标称直径 (mm)	2.6	3	3.5	4	5	6
转矩 (N·m)	0.4	0.5	0.8	1.2	2.0	2.5

7.16 耐电压

7.16.1 采用没有铁磁性的金属球，球直径 $1.6\text{ mm} \pm 0.2\text{ mm}$ ，将 MOV 的绝缘层埋入金属球中，引出端导电部分与金属球之间应保持 $3\text{ mm} \sim 5\text{ mm}$ 的距离，两引出端连在一起作为一个电极，金属球为另一个电极；

7.16.2 工频电压从零开始，以大约 100 V/s 的速度升到有效值 2500 V ，保持 1 min (-0 s ， $+5\text{ s}$)。样品不应有击穿和飞弧。

7.17 绝缘电阻

7.17.1 采用没有铁磁性的金属球，球直径 $1.6\text{ mm} \pm 0.2\text{ mm}$ ，将 MOV 的绝缘层埋入金属球中，引出端导电部分与金属球之间应保持 $3\text{ mm} \sim 5\text{ mm}$ 的距离，两引出端连在一起作为一个电极，金属球为另一个电极；

7.17.2 测试电压为直流 $100\text{ V} \pm 15\text{ V}$ ，加电压时间 1 min ，测得的绝缘电阻应符合本规范 6.17 规定。

7.18 绝缘封装的着火危险性

7.18.1 绝缘封装层用针焰试验检验着火危险性。

7.18.2 针状火焰呈垂直，火焰施加点为 MOV 的侧面，作用时间 10 s ，火焰离开后样品持续燃烧的时间不应超过 5 s 。

7.19 标志牢固性

7.19.1 用一块浸水棉花，来回擦拭标志 10 次；

7.19.2 用一块浸有脂族己烷的棉花来回擦拭标志 10 次。脂族己烷中芳香剂的容积含量 $\leq 0.1\%$ 、贝壳松脂丁醇值 29 、初沸点 $+65\text{ }^\circ\text{C}$ 、密度 680 kg/m^3 ；

7.19.3 目视检查标志应保持清晰。

注：压印、模压和雕刻的标志不必试验。

7.20 环境试验

7.20.1 振动

a) 试验前测量样品两个方向的压敏电压；

b) 样品按正常使用时的安装方法固定在振动试验机上，进行 GB/T 2423.10 的振动 (Fc) 试验。振动频率 $10\text{ Hz} \sim 500\text{ Hz}$ ，加速度 98 m/s^2 ，但最大振幅 (位移) 不超过 0.75 mm ，三个方向各扫频振动 10 个循环，总时间 6 h ，试验过程中不应有谐振现象；

c) 恢复 $1\text{ h} \sim 2\text{ h}$ ，重复 a) 中的测量，两个方向的压敏电压变化率应 $\leq 5\%$ ，且外观无可见损伤。

7.20.2 碰撞或冲击

a) 试验前测量样品两个方向的压敏电压；

b) 样品按正常使用时的安装方法固定在试验机上；

进行 GB/T 2423.6 的碰撞 (Eb) 试验, 碰撞次数 4000、加速度 390 m/s^2 。或者, 进行 GB/T 2423.5 机械冲击 (Ea) 试验, 冲击正弦半波 11ms、加速度 490 m/s^2 。

c) 恢复 1 h~2 h, 重复 a) 中的测量, 两个方向的压敏电压变化率应 $\leq 5\%$, 且外观无可见损伤。

7.20.3 温度速变

a) 试验前测量样品两个方向的压敏电压。

b) 进行 GB/T 2423.22 的温度速变 (Na) 试验。样品放入 $-40 \text{ }^\circ\text{C} \pm 3 \text{ K}$ 的环境中保持 30 min 后, 在室温下放置 2 min~3 min, 转入 $+85 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ K}$ 的环境中保持 30 min, 循环 5 次。

c) 恢复 1 h~2 h, 重复 a) 中的测量, 两个方向的压敏电压变化率应 $\leq 5\%$, 且外观无可见损伤。

7.20.4 恒定湿热

a) 试验前测量样品两个方向的压敏电压和直流漏电流。

b) 进行 GB/T 2423.3 恒定湿热 (Ca) 试验。样品在温度 $+40 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 、相对湿度 93 %RH~95 %RH 的环境中试验 500 h (21 天), 4 只样品不加电压, 其余 4 只样品加 10 %最大连续直流电压。

c) 恢复 1 h~2 h, 重复 a) 中的测量, 两个方向的压敏电压变化率应 $\leq 5\%$, 直流漏电流的上升值应不大于试验前的 $20\% + 3 \text{ } \mu\text{A}$, 且在 30 s 内不应有爬升现象。绝缘电阻 $\geq 100 \text{ M}\Omega$ 。外观无可见损伤。无锈蚀, 标志清晰。

7.20.5 气候顺序

a) 试验前测量样品两个方向的压敏电压和直流漏电流。

b) 按 GB 2423.2 进行干热 (Ba) 试验, 温度 $+85 \text{ }^\circ\text{C}$, 时间 16 h。

c) 按 GB/T 2423.4 进行交变湿热 (Db) 试验: 第 1 次循环, 周期为 24 h, 分为以下 4 个阶段:

由室温升到 $+55 \text{ }^\circ\text{C}$, 时间 3 h, 湿度 95 %RH~100 %RH;

在 $+55 \text{ }^\circ\text{C}$ 下保温 9 h, 湿度 90 %RH~96 %RH;

从 $+55 \text{ }^\circ\text{C}$ 在 3 h 内降到室温, 湿度 95 %RH~100 %RH;

室温下保持 9 h, 湿度 95 %RH~100 %RH。

d) 按 GB 2423.1 进行低温 (Aa) 试验, 温度 $-40 \text{ }^\circ\text{C}$, 时间 2 h, 该试验应在交变湿热 (Db) 试验第 1 周期的恢复期后立即进行;

e) 交变湿热 (Db) 试验的其余 4 个循环;

f) 试验后在正常条件下恢复 1 h~2 h, 重复 a) 的测量, 并测量绝缘电阻。

g) 合格判据

外观检验无损伤, 无锈蚀, 标志清晰;

压敏电压的变化率 $\leq 5\%$;

漏电流上升值应不大于试验前的 $20\% + 3 \text{ } \mu\text{A}$, 且在 30 s 内无爬升现象;

绝缘电阻 $\geq 100 \text{ M}\Omega$ 。

7.20.6 低温/低气压

a) 对于预定工作在低温/低气压综合环境中的 MOV 应进行本试验。

b) 试验前测量样品两个方向的压敏电压和等级限制电压;

c) 按 GB/T 2423.25 进行低温/低气压综合 (Z/AM) 试验, 样品放入温度为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ 的试验箱中, 样品上施加最大连续交流电压 U_c , 交流电源的额定输出电流不小于 5 A 。与样品串联一只 $1\text{ k}\Omega \times (1 \pm 0.5\%)$ 的电流取样电阻, 并置于试验箱外;

d) 以不超过 10 kPa/min 的速率将试验箱中的气压降到 55 kPa , 并保持恒定。在此过程中, 用示波器观测电流取样电阻上的电压波形, 判断样品有无闪络, 2 h 后切断交流电源;

e) 以标称放电电流 I_n 对样品冲击一次, 用示波器观测放电电流波形, 判断样品有无闪络;

f) 以不超过 10 kPa/min 的速率将试验箱中的气压上升到正常气压, 样品从试验箱中直接取出。在正常条件下恢复 $1\text{ h} \sim 2\text{ h}$, 重复 b) 的测量。

g) 合格判据

试验中样品无闪络;

外观无可见损伤;

压敏电压和等级限制电压的变化率均 $\leq 5\%$ 。

7.20.7 盐雾试验

a) 对于预定工作在盐雾环境中的 MOV 应进行本试验。

b) 试验前测量样品两个方向的压敏电压和直流漏电流。

c) 按 GB/T 2423.17 进行盐雾 (Ka) 试验, 样品放入温度 $+35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ 的盐雾试验箱中, 样品端面与垂直方向成 30° 角, 暴露 48 h 。盐雾沉降量为 80 cm^2 面积上 $1\text{ mL/h} \sim 2\text{ mL/h}$ (以连续雾化 16 h 的平均值为准)。

d) 暴露时间结束后, 样品从试验箱取出, 用流动水 (水温不大于 $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$) 冲去样品表面盐沉积物, 然后再用去离子水漂洗, 在室温中下恢复 $1\text{ h} \sim 2\text{ h}$, 重复 b) 的测量。

e) 合格判据

外观无腐蚀性损伤, 但允许引出端颜色变暗;

压敏电压的变化率 $\leq 5\%$;

漏电流上升值应不大于试验前的 $20\% + 3\text{ }\mu\text{A}$, 且在 30 s 内无爬升现象。

8 检验规则

8.1 检验分类

MOV 的检验分为鉴定检验和质量符合性检验。

8.2 鉴定检验

鉴定检验是对产品所进行的全面检验和试验, 目的是确定产品是否达到了本规范的要求。

8.2.1 符合以下两个条件之一可以批准鉴定检验:

a) 制造方能提供符合本规范固定样本大小的鉴定批准试验表 (表 6) 要求的试验报告。

b) 制造方能够提供在尽可能短的时间内生产的三个生产批的逐批检验 (表 7) 合格报告, 和一个生产批的周期检验 (表 8) 合格报告。在此期间它们的生产工艺应无大的变化。

只有鉴定检验合格的产品才可能被视为符合本规范的产品。

表6 鉴定批准试验表

试验组别	D/ND	试验项目	技术要求	试验方法	样品大小和合格判定数		
					<i>n</i>	<i>c</i>	<i>t</i>
0	ND	外观	6.1	7.1	80+4	1	1
		尺寸	6.2	7.2			
		电容量	6.6	7.6			
		压敏电压	6.3	7.3			
		直流漏电流（室温）	6.4	7.4			
		交流漏电流	6.5	7.5			
1	D	等级限制电压	6.7	7.7	8	1	
		I_n 下的限制电压	6.7	7.7			
		动作负载试验	6.8	7.8.4			
		耐电压	6.16	7.16			
2	D	绝缘电阻	6.17	7.17	8	1	
		引出端强度	6.15	7.15			
		标志牢固性	6.19	7.19			
		额定功耗	6.9	7.9			
3	D	直流漏电流（85℃）	6.4	7.4	8	1	3
		宽波冲击电流	6.8	7.8.5	(4)		
		最大单次冲击能量	6.10	7.10	(4)		
4	D	恒定湿热	6.20.4	7.20.4	8	1	
5A	D	引出端可焊性	6.14.	7.14.	8		
		温度速变	6.20.3	7.20.3			
5B	D	碰撞或冲击	6.20.2	7.20.2	8		2
		振动	6.20.1	7.20.1			
5	D	（5A组+5B组的样品）气候顺序	6.20.5	7.20.5	(16)		
6	D	电压寿命	6.12	7.12	8	1*	
		着火危险性	6.18	7.18			
7	D	低温低气压 **	6.20.6	7.20.6	8	1	2
8	D	盐雾 **	6.20.7	7.20.7	8	1	
9	D	TOV 耐受特性	6.11	7.11	8	1	
<p>注1：技术要求和试验方法的条款号是本规范中的条款号。</p> <p>注2：D—破坏性的；ND—非破坏性的；<i>n</i>—样本大小；<i>c</i>—合格判定数（每组或每分组的允许不合格品数）；<i>t</i>—总的合格判定数（一组或若干组总的允许不合格品数）</p> <p>注3：*着火危险性试验不允许有缺陷。</p> <p>注4：** 仅在产品的设计包含该项目时才进行试验。</p>							

8.2.2 鉴定批准作为质量评定体系的一部分, 应通过日常的质量符合性检验并合格来维持。否则, 该鉴定批准必须按 IEC 电子元器件质量评定体系 (IEC/QC 001002-3, 3.1.7) 中规定的维持规则进行验证。

8.3 质量符合性检验

鉴定检验合格的产品, 应通过质量符合性检验来维持, 它包括逐批检验, 周期检验, 变动检验和交货检验。

8.3.1 逐批检验是对每一生产批进行的检验 (表 7)

同一生产批的产品, 应是同一个制造厂采用基本相同的瓷料配方、原材料、设计和工艺, 在同一地点用同一条生产线生产的产品。

表 7 逐批检验表

试验组别	D/ND	试验项目	技术要求	检验方法	IL	AQL
A1	ND	外观	6.1	7.1	II	1.0 %
A2	ND	压敏电压	6.3	7.3	I	0.65 %
		直流漏电流 (室温)	6.4	7.4		
A3	ND	尺寸	6.2	7.2	S-4	1.0 %
B1	D	交流漏电流	6.5	7.5	S-3	2.5 %
		标志牢固性	6.19	7.19		
		引出端可焊性	6.14	7.14		
B2	D	等级限制电压	6.7	7.7	S-2	1.0 %
		I_n 下的限制电压	6.7	7.7		
		冲击电流 (I_n, I_{max})	6.8	7.8.3		
		耐电压	6.16	7.16		
注 1: 技术要求和试验方法的条款号是本规范中的条款号;						
注 2: D—破坏性的; ND—非破坏性的; IL—检验水平; AQL—合格质量水平。						

8.3.2 周期检验是按规定周期进行的检验 (表 8)

表 8 周期检验表

试验组别	D/ND	试验项目	技术要求	检验方法	样品大小和合格判定数		
					p	n	c
C0	D	TOV 耐受特性	6.11	7.11	3	6	1
C1	D	动作负载试验	6.8	7.8.4	6	13	1
C2	D	直流漏电流 (85°C)	6.4	7.4	6	13	1
		宽波冲击电流	6.8	7.8.5			
C3A	D	电容量	6.6	7.6	12	7	0
		引出端强度	6.15	7.15			
		温度速变	6.20.3	7.20.3			

续表 8

试验组别	D/ND	试验项目	技术要求	检验方法	样品大小和合格判定数		
					<i>p</i>	<i>n</i>	<i>c</i>
C3B	D	碰撞或冲击	6.20.2	7.20.2	12	6	0
		振动	6.20.1	7.20.1			
C3	D	气候顺序 (C3A+C3B 的样品)	6.20.5	7.20.5	12	13	1
C4	D	电压寿命	6.12	7.12	12	13	1
C5	D	最大单次冲击能量	6.10	7.10	12	8	1
D1	D	恒定湿热	6.20.4	7.20.4	24	8	1
D2	D	低温/低气压 **	6.20.6	7.20.6	24	8	1
D3	D	盐雾 **	6.20.7	7.20.7	24	8	1
D4	D	绝缘电阻	6.17	7.17	24	8	1
		额定功耗	6.9	7.9			
D5	D	着火危险性	6.18	7.18	24	13	0
<p>注 1: 技术要求和试验方法的条款号是本规范中的条款号。</p> <p>注 2: D—破坏性的; ND—非破坏性的; <i>p</i>—周期 (月); <i>n</i>—样本大小; <i>c</i>—合格判定数 (每组或每分组的允许不合格品数)</p> <p>注 3: ** 仅在产品设计包含该项目时才进行试验。</p>							

8.3.3 变动检验是当生产条件(主要材料、生产场地、关键设备和工艺等)发生变化,有可能影响到产品性能和质量时所进行的相关试验。

8.3.4 交货检验

按供货合同对交货产品所进行的检验。逐批检验合格不超过三个月的产品的交货,可直接引用逐批检验的结果;超过三个月的产品的交货,对部分检验项目应重新检验,由合同或企业最高质量负责人确定。

8.4 检验试验设备和装置

供货方应建立和维持一个符合 ISO 10012—1 和本规范要求的检测试验系统,允许部分试验项目委托其他有资格的单位进行。

8.5 抽样

8.5.1 逐批检验抽样

按表 7 规定的方案随机抽取。

8.5.2 周期检验抽样

按表 8 规定的方案随机抽取。

可以对每个规格的产品分别进行周期检验;也可以对同一系列的产品,在每一个压敏电压分组内抽取一个电压规格进行检验,该规格的检验结果可以代表同一电压范围内的其他规格。

同一型号且名义片径和形状相同的产品为同一系列产品。

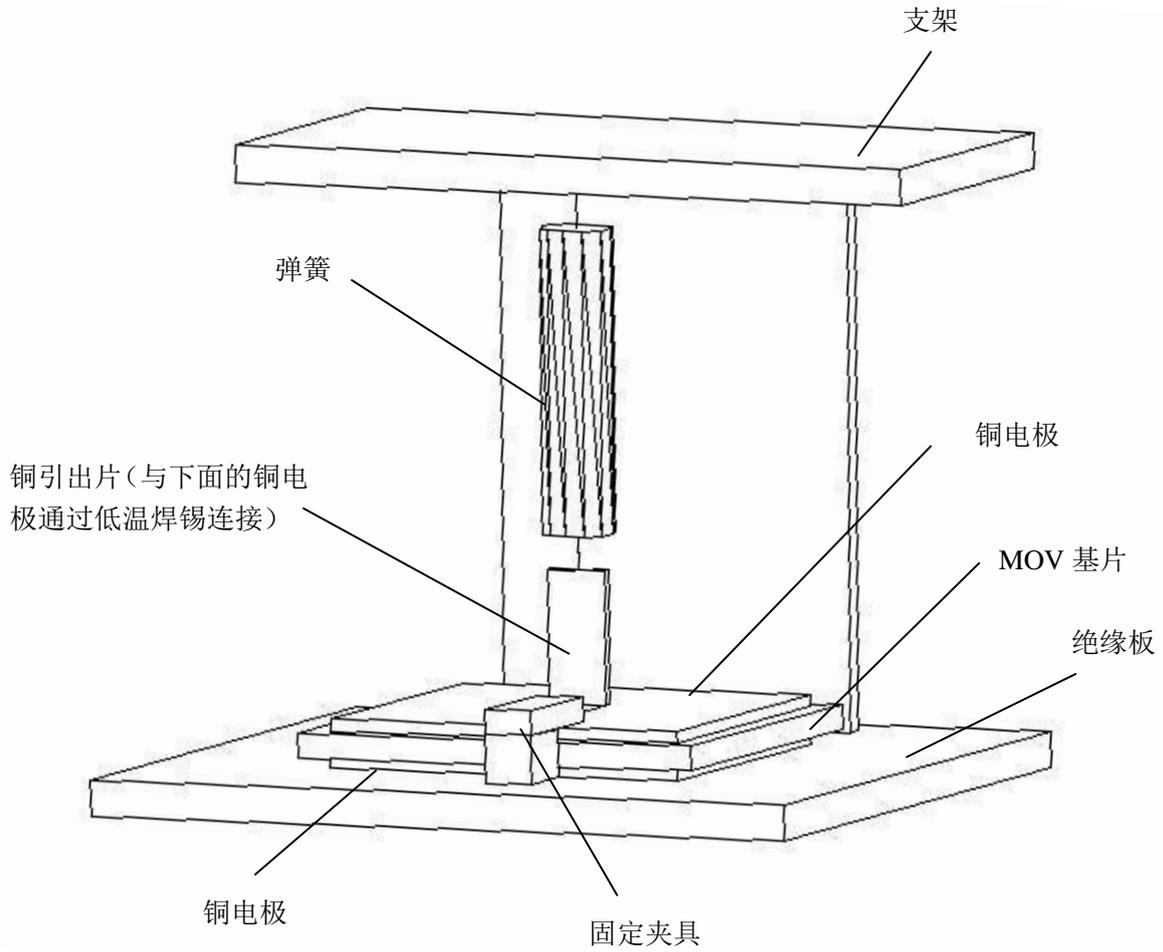
推荐的压敏电压分组方法为：同一系列产品在瓷料配方和单位厚度压敏电压相同情况下，按从低到高连续几个压敏电压规格，且基片的名义厚度最大值与最小值的比值不超过 1.6，作为一个分组。

举例见附录 B。

8.6 供方的质量责任

供方对其产品符合本规范的真实性和完整性承担责任。需方有权在供货产品中随机抽样，送交有资格的第三方按本规范进行检验。

附录 A
(标准的附录)
模拟热脱离装置示意图



附录 B
(标准的附录)

周期检验抽样中压敏电压分组方法的举例说明

某制造厂,使用 95 V/mm、180 V/mm 和 220 V/mm 电压梯度的料方分别生产压敏电压 82 V~180V、205 V~680 V 和 750 V~1200 V 的 MOV。根据本规范 8.5.2 的规定,该厂在针对同型号同系列产品进行周期检验时,应采用如下电压分组:

第 1 组: 82 V、100 V、120 V;

第 2 组: 150 V、180 V;

第 3 组: 205 V、220 V、240 V、275 V、300 V;

第 4 组: 330 V、360 V、390 V、430 V、470 V;

第 5 组: 510 V、560 V、620 V、680 V;

第 6 组: 750 V、820 V、910 V、1000 V、1100 V、1200 V。

以上分组是在假定的条件下进行的,并不代表任何一家制造厂的实际情况。采用本规范的企业应根据自身的实际情况,参照以上例子进行分组。

附录 C
(资料性附录)
电压限制曲线

C.1 MOV 电压限制曲线的意义和形式

MOV 的电压限制曲线，或称电压限制特性，也称为保护特性，表示了 MOV 抑制浪涌电压的能力。电压限制曲线通常有以下三种形式：

$$\cdot \text{Log}U_{cla} = f(\text{Log}I_{cla})$$

$$\cdot R_{cla} = f(\text{Log}I_{cla})$$

$$\cdot R_{cla} = f(\text{Log}J_{cla}) \quad J_{cla} = I_{cla} / S, \quad (S \text{ 为电极面积 } cm^2)$$

式中： I_{cla} 和 J_{cla} 分别为流过被测样品的规定波形的浪涌电流峰值和电流密度峰值（而不是冲击发生器的短路电流）。若无另外规定，浪涌电流波为 8/20 μ s 电流波。 U_{cla} 是对应的限制电压峰值， R_{cla} 是限压比，即 U_{cla} 对于压敏电压 U_n 之比（ $R_{cla} = U_{cla} / U_n$ ）。

有人称电压限制特性为“伏安特性”，此说不严格，因为伏安特性上的每一点所表示的是时间上同一瞬时的一对电流/电压值，而电压限制曲线上每一点所表示的电流峰值 I_{cla} 和电压峰值 U_{cla} 实际上不是同一瞬时的数值。

以前的 MOV 技术资料中给出的是“最大限制电压”曲线，即压敏电压为公差上限值时的限制电压，且假定公差上限为+10%。例如，对于 U_n 标称值为 470V 的这种规格，给出的是(470 \times 1.1=517V)时的限制电压，因此与实际使用的产品往往差别较大。所以这里推荐 $R_{cla} = f(\text{Log}I_{cla})$ ，或 $R_{cla} = f(\text{Log}J_{cla})$ 这两种形式的电压限制曲线。图 A.1 是这种曲线的一个例子。

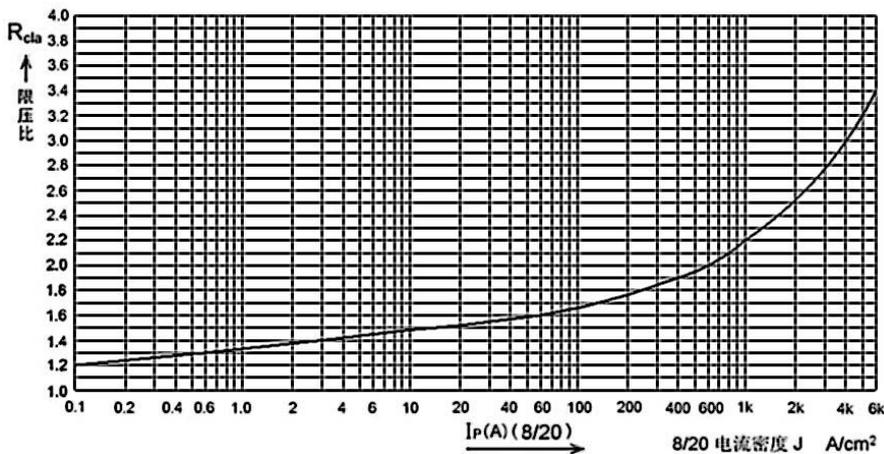


图 A.1 电压限制曲线的例子

C.2 电压限制曲线的几个规律

了解电压限制曲线的规律，对于正确应用这一曲线是十分有用的。

- 限压比随测试电流波前陡度 (di/dt) 的增大而增加,例如当测试电流为波前时间 $1\mu s$ 的陡波时,限压比大约比 $8/20\mu s$ 电流时增大 10%。
- 在同一电流密度下,由同一瓷料配方和工艺生产的 MOV,限压比随压敏电压 U_n 的增高而减小。
- 限压比随测试电流密度的增大而增大。
- 大电流密度下的限压比,主要取决于电阻体晶粒的电阻率,而晶粒电阻率与制造有关,因此不同企业,不同批次的产品,其电压限制曲线往往是不同的。
- 一般来说,同一规格和批次的产品,其限压比基本一样,因此,只要测量出压敏电压,乘以该批次的限压比,就可以确定它的限制电压了。

C.3 电压限制曲线的应用

在过电压保护技术中,MOV 的电压限制曲线是很有用的,下面列举几个方面。

- 查出不同浪涌电流下的限制电压。MOV 的一般技术资料中,只给出标称放电电流,或等级电流或组合波 $6kV/3kA$ 下的限制电压,从电压限制曲线就可以确定其他电流下的限制电压。
- 根据已知的限制电压,确定流过 MOV 的电流峰值。
- 根据要求的电压保护水平和预定流过的电流,选定 MOV 的尺寸。
- 多级保护设计时要用电压限制曲线进行各级保护之间的特性配合。

C.4 电压限制曲线的测定

- 样品:在经过了可靠性筛选的产品中,按压敏电压,电容量和非线性指数 α 三个参数值偏大,居中,和偏小值,各取 1 只样品,共 9 只样品。
- 冲击老化:对每只样品以标称放电电流,正/反向各冲击一次,恢复 30min.
- 测量样品的压敏电压。
- 测量 $8/20$ 电流限制电压,对于每个电流值,正反向各测一次,以大者作为限制电压。在电流峰值范围 $1A \sim I_{max}$ 内测试 (5~8) 个点 (例如对于放电电流为 S 级的 $34mm$ 方片,为 $1A, 10A, 100A, 1kA, 5kA, 10kA, 20kA, 40kA$)。电流从小到大,依此测试,但每次测试后,样品温度应冷到室温 $+5^\circ C$ 以内,才能进行下次测试。电流峰值的偏差应在 5% 范围内。
- 计算每只样品,每个电流下的限压比。
- 计算每个电流下 9 只样品限压比的平均值。
- 将上述平均值数据标在 $R_{cla} - \text{Log}I_{cla}$ 座标平面上,作出最逼近这些数据的曲线,或将这些数据输入计算机,运用专用软件求解出拟合方程和作出拟合曲线。

附录 D

(资料性附录)

多次脉冲电流降额曲线

D.1 MOV 多次脉冲电流降额曲线的意义和形式

在规定的失效判据条件下, MOV 能够承受的浪涌电流的峰值 I_p , 是随着独立冲击次数 n 的增加, 随着浪涌电流的等效方波时间 τ 的增大而减小的。这里所谓“独立冲击”, 是指两次冲击电流之间有足够的冷却恢复时间, 因此没有热累积。

关于失效判据, 通常以压敏电压下降 10% 为标准, 原因如下: MOV 在其允许的浪涌电流作用下, 随着冲击次数的增加, 如果浪涌电流较小, 则压敏电压一开始略有增大, 以后下降, 直到破坏; 如果浪涌电流大, 则压敏电压一开始就下降。试验结果表明, 当压敏电压下降超过 10% 以后, 再进一步冲击, 就很快进入破坏阶段了。随着冲击次数的增加, 限制电压一般先增大, 然后稳定在某个水平上, 在压敏电压下降 10% 以前都在这个水平左右变动, 而且, 在多数情况下限制电压的相对变化比压敏电压的相对变化小, 因此一般以压敏电压下降 10% 作为失效判据。在有些研究试验中, 也有以样品发生结构性破坏作为失效判据的。

表示在规定的失效判据条件下 MOV 的浪涌电流峰值 I_p , 与电流的等效方波时间 τ 和独立冲击次数 n 三者之间的关系 $I_p=f(\tau, n)$ 的曲线, 称为多次脉冲电流降额曲线(下面简称为“降额曲线”)。降额曲线有三种表示方法:

· 以电流峰值表示, 图 B.1 是这种曲线的一个例子。过去的 MOV 技术资料中都用这种表示方法。

它是通过试验得出的统计平均的结果。

· 以多次冲击电流降额系数 k_I 来表示, 即将电流峰值表示法中的纵座标改为 降额系数

$k_I = I_{TSM} / I_{TM}$ 。在图 B.1 中 $I_{TM} = 40\text{kA}$, 该点的 $k_I = 1.0$ 。从这个图可以看出, $(20\mu\text{s}, 10^5 \text{次})$ 的电流峰值是 200A, 这一点的 $k_I = 200\text{A}/40\text{kA} = 0.005$ 。

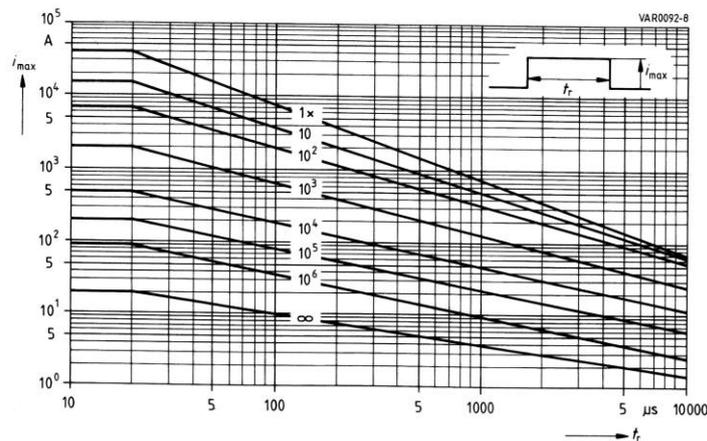


图 D.1 多次脉冲电流降额曲线的例子

注: 图中, 纵座标是电流峰值的对数, 横座标是脉冲等效方波时间宽度的对数, 中间的曲线参数是冲击次数(n)。这个特性所表示的意义是: 如果浪涌电流的峰值, 时间宽度和作用次数这三个参数超过

了曲线上每一点所表的数值，那么，压敏电阻器（MOV）经冲击后压敏电压的变化率就会大于 10%。在这个图中，时间宽度=20 μ s,作用一次的电流峰值为最大，等于 40kA.

D.2 降额曲线的应用

降额曲线的用途主要表现在以下三方面

- 浪涌电流的峰值，时间宽度和作用次数这三个参数中，知道了其中的 2 个，就可以确定第三个。
- 对于同一批压敏电阻器（MOV），可以依据它对一种冲击电流的承受能力，推算出它对另一种冲击电流的承受能力，也就是说，从降额曲线可以得出在规定失效判据条件下，不同波形电流之间的等效关系。
- 利用降额曲线，可以估算出压敏电阻器（MOV）的浪涌电流寿命。

D.3 降额曲线的试验求值方法

如何以最小的试验费用，得出一批 MOV 的具有足够置信度的降额曲线，这一课题正在考虑中。

附录 E
(资料性附录)
电压寿命

E.1 电压寿命的意义

MOV 在工作过程中遭受着连续工作电压和冲击电流两种电应力的作用，它们都将使 MOV 的性能发生劣化，因此就有电压寿命和冲击电流寿命两种寿命特性。在连续工作电压下，MOV 性能劣化的基本特点是其电阻性漏电流 I_R （或功耗）随时间 t 逐步增大。环境温度越高，加在 MOV 上的荷电率越大， I_R 随时间 t 增大的速度就越快。在有限的试验时间内，观测到的 $I_R \sim t$ 关系有如图 C.1 所示的三种情况。显然，曲线（1）这种 MOV 投入使用后是危险的，它的漏电流将持续上升，最终达到热失控而自行烧毁。因此，保证 MOV 在规定的环境温度和荷电率下，具有要求的期望寿命，是最基本的要求之一。

E.2 高温寿命试验和期望电压寿命

本规范是通过高温寿命试验来保证 MOV 的期望电压寿命的，它是个加速试验，试验条件是环境温度+115℃，施加工频交流电压，荷电率为 100%，持续时间 1000h（2000h）。合格判据是试验终止时测得的功耗，相对于试验中测得的最小功耗不应大于 120%；样品残压的变化不大于 5%；经最大放电电流试验后仍能保持热稳定。经这种高温寿命试验合格的

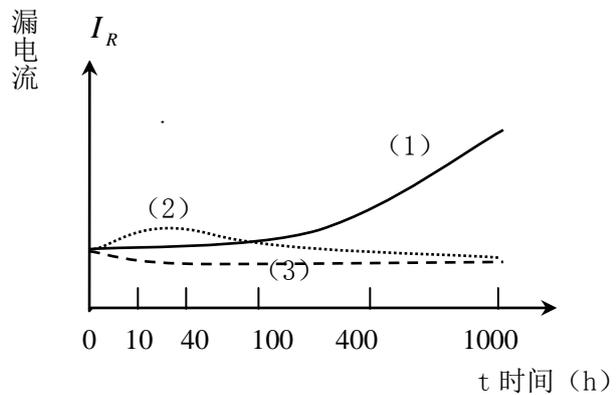


图 E.1 85℃下漏电流三种变化规律

MOV 究竟有多少年的期望电压寿命呢？IEC60099-4 的附录 L: “老化试验方法-阿仑纽斯定律”回答了这个问题。下面是这一资料的全文。

IEC60099-4 的附录 L:

阿仑纽斯规律对于金属氧化物电阻片的寿命期望值具有很好的置信度，它是现行老化试验方法（IEC60099-4，7.5.2）的基础。根据本标准，金属氧化物避雷器的正常运行温度上限值为 40℃，对于有些避雷器，如液浸式避雷器，避雷器在其中运行的介质的环境温度的上限值较高（分别是+65℃和+95℃）。

老化的加速率可以合理地用加速因子 $AF_T = 2.5^{(\Delta T/10)}$ 来估算，式中 ΔT 是试验温度对于产品的上限环境温度之差。

表 L.1 提供了由按照 7.5.2 条款的规定，进行 115℃，1000h 老化试验所得出的最小期寿命的示例。

表 L.1 验证的最小预期寿命

环境温度上限 ℃	验证的最小预期寿命 年
40	110
65	11
95	0.7

注：验证的最小期望寿命是将 1000h 乘以加速因子而得出的。

1000h 试验对于在最高环境温度下的期望寿命没有给出足够的置信度。为改善这种情况，可考虑提高试验温度，试验电压或试验时间。

一般来说，将试验温度提高到超过 115℃是不可取的，因为这时的老化机理变了，阿仑纽斯定律不再适用了。提高电压也不可取，因为电压加速因子现在还未确定。

于是就只有一个可能性了，就是延长试验持续时间。表 L.2 表明了试验持续时间与不同上限环境温度下的时间之间的等效关系。

表 L.2 在 115℃下的试验持续时间与环境温度的上限的等效时间之间的关系

环境温度的上限 ℃	在 115℃下的试验时间 h	在环境温度上限的等效时间 年
40	1000	110
65	2000	22
95	7000	5

如果这些在连续使用温度下的等效时间还不能为用户所接受，那么经制造和使用双方同意后可再增加试验时间；另一个解决办法是，如果能证明提高温度后阿仑纽斯定律仍然适用的话，经制造和使用双方同意后可提高试验温度。

（说明：IEC60099-4 的附录 L 中只考虑了温度加速因子，没有考虑荷电率加速因子。由于本规范的试验是在荷电率 100%的条件下进行的，而 MOV 的实际工作荷电率要低得多，因此用本规范的 1000h (2000h)乘以温度加速因子 $AF_T = 2.5^{(\Delta T/10)}$ 得出的在实际工作温度下的期望电压寿命是个有较大余量的数值。

E.3 依据 GB1772-79 电子元器件失效率试验方法进行的试验

MOV 的电压寿命，也可依据 GB1772-79“电子元器件失效率试验方法”来进行可靠性定级试验，可靠性维持试验和可靠性增长试验。

E.4 制造过程中保证电压寿命的其他试验

试验数据表明，在有的生产批中，有一定比例的由制造缺陷造成的“早期失效”隐患产品（例如千分之几到万分之几，或更低），因此，对于可靠性要求高的场合，生产中应有相应的筛选措施，将这类有隐患的产品剔除，以保证供货产品的电压寿命不少于最小期望值。

附录 F
(资料性附录)
限制电压的测量

限制电压是 MOV 的最基本特性之一，不同的使用目的对 MOV 的限制电压测量有不同要求，这里汇集了几种常用的情况，并说明了保证测量精度应注意的问题。

F.1 限制电压测量系统

图 F.1,表示了一个基本的限制电压测量系统。由冲击发生器输出的冲击加到 SPD 的两个接线端子 JX1 和 JX2 上，冲击电流用磁位计（罗可夫斯基线圈）CW 来测量（也可用分流器来测量），被测 SPD 的限制电压用分压器 FY 来测量，磁位计和分压器的输出用示波器显示，示波器既可以测量峰值，也可以测量波形。为了安全和防止干扰，示波器用隔离变压器 T 来供电。

冲击发生器的波形形成网络 PG 通过一个高电阻 R_D 接地（ R_D 用来泄放感应电荷），因此对于冲击波来说，PG 是浮地的，整个冲击系统只有 JX2 一点接地，这对保证正确测量是十分重要的。

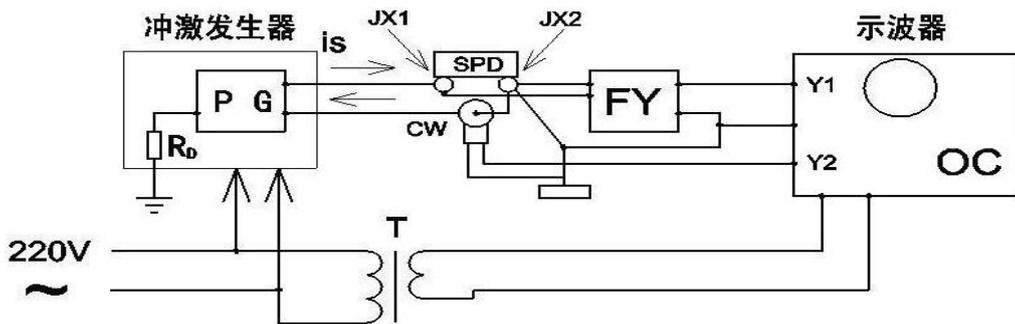


图 F.1 基本的限制电压测量系统

F.2 有关限制电压测量的几个具体规定

在 SPD 的技术标准中（例如 GB/T 18802.1、GB/T 18802.21 和 UL1449），都对限制电压的测量方法作了具体规定，但不同标准的规定并不完全一样，要特别注意以下几点。

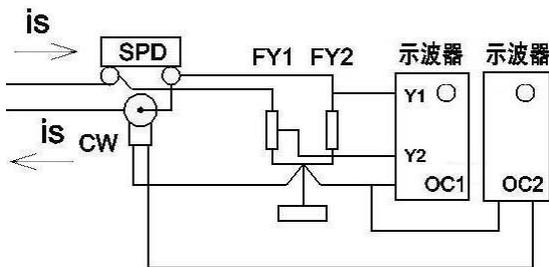


图 F.2 限制电压的差分测量

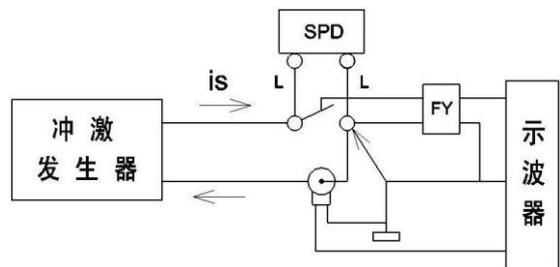


图 F.3 带规定接线 L 的测试

F.2.1 冲击的施加点和电压峰值的测量点

GB/T 18802.1 规定,带连接导线的一端口 SPD, 和 UL 1449 的“固定连接式”一端口 SPD, 应带 15cm 长的导线, 在导线末端加冲击和测量电压峰值, 以模拟实际使用状态。电源端子与负载端子分开的一端口 SPD 和二端口 SPD, 冲击应施加在电源侧端子上, 而在负载侧端子上测量电压峰值。其他情况则直接在 SPD 的接线端子上施加冲击和测量电压峰值。

F.2.2 限制电压测试所用的冲击波形:

* 依据 GB/T 18802.1 的规定, 用于 I, II 级试验的电源用 SPD 中的 MOV, 采用 8/20 μ s 电流波; III 级试验 SPD 中的 MOV 采用组合波测量。

* 依据 GB/T 18802.21 的规定, 信号 SPD 中的压敏电阻器采用组合波测量。

* UL 1449 规定所有类型的 SPD 都用组合波测量限制电压。

F.2.3 限制电压测试时是否要加持续工作电压 U_c ?

* GB/T 18802.1 规定, I, II 级试验的一端口 SPD, 测试限制电压时不加持续工作电压; I、II 级试验的二端口 SPD, 和 III 级试验 SPD, 测试限制电压时要加 SPD 的持续工作电压 U_c 。

* GB/T 18802.21 规定, 信号用 SPD 的限制电压测试, 一律不加持续工作电压 U_c 。

* UL1449 规定, 所有 SPD 测试限制电压时要加最大持续工作电压 U_c 。

凡是加最大持续工作电压 U_c 时, 将冲击叠加在工频电压的峰点, 且冲击的极性应与工频电压相同。提供电压 U_c 的电源容量, GB/T 18802.1 规定在 U_c 电压下额定电流不小于 5A; UL 1449 要求交流电源的短路电流, 对于无续流样品为 200A, 功率因数(0.8~1.0)。

F.2.4 限制电压的计算方法:

* 对每只 SPD, 都测试正/反两个方向的限制电压, 取其中的大值作为限制电压。

* UL 1449 规定, 以 3 只样品各 3 次测试所得的 9 个限制电压的平均值, 作为样品代表产品的限制电压, 它不应大于规定的 SVR (限制电压额定值), 且所有测得的限制电压中没有一个超过规定 SVR 的 110%。

* 为正确评价一批产品的限制电压, 本标准规定, 取测样品品中的最大限压比作为该批产品的限压比 R_{cla} , 用此 R_{cla} 乘以该批产品的最高压敏电压, 作为该批产品的限制电压。

F.3 限制电压测量中保证精度的注意事项

SPD 的限制电压测量, 必须遵守大电流, 高频率, 高电压测量的基本规则, 否则很容易引入大的误差。这里特别要注意防止放电电流对测试系统的干扰, 正确接线和选择接地点, 以及样品与冲击源的阻抗匹配等几个问题。

F.3.1 防止放电电流对测试系统的干扰

实践表明，在 SPD 的限制电压测试中，避免放电电流对测试系统特别是对分压器的干扰，对于保证测试结果的正确性是非常重要的。判别这种干扰是否严重的一个简单方法，是用一只合格的 MOV 代替试品，以要求的放电电流对它放电，用示波器测量 MOV 两引线紧挨电阻体部位的限制电压波形，它的峰点应与放电电流的峰点在时间上基本重合。因为，MOV 是电阻性元件，电阻性元件的基本特性是其两端电压波形与流过它的电流波同相位，即电压波与电流波的峰点时间基本上重合（一般 MOV 的固有电容，和 2cm 长的引线电感，对限制电压的波形不会有明显影响）。如果限制电压波的峰点明显先于电流的峰点，则说明存在干扰，这种干扰，在多数情况下可通过调整分压器的空间位置和方向来消除。图 F. 4 对此作了说明。

图 F. 4. 表示了以 8/20 电流测试 MOV 限制电压的情况。①是放电电流的波形，②和③是正常的限制电压波形，③对应的放电电流比②大，因此限制电压也高，但两者的峰点位置都与电流波的峰点基本重合。但有时观测到的限制电压波如④，这是在正常的限制电压波形上叠加了干扰电压⑤的结果。⑤是与放电电流①有磁耦合的电路中所产生的感应电压（干扰电压），若耦合系数为 M ，则这个电压为 $U_i = -M(di/dt)$ ，可见，干扰电压的特点是在 8/20 电流的起始时刻最大，因为此刻的 (di/dt) 最大，而在 8/20 电流的峰点 t_m 时刻， $U_i = 0$ 。

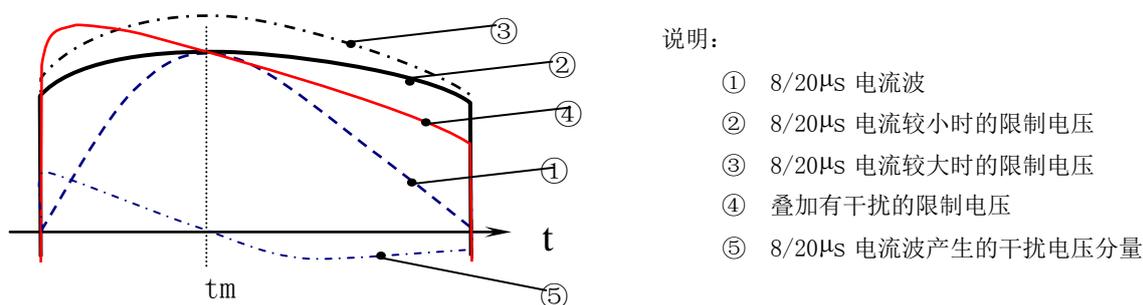


图 F. 4 以 8/20 μ s 电流测试压敏电阻器 (MOV) 限制电压波形

F.3.2 正确接线和选择接地点

必须用 4 线法（凯文接线）连接样品，将给样品输送电流的两个连接点（I1，I2），与测量电压的两个连接点（U1，U2）分开（图 D. 5）。（I1，I2）应在（U1，U2）的外侧，这样做的目的是排除接线阻抗和接点（I1，I2）阻抗的影响。四个连接点必须清洁，连接必须可靠。将（U1，U2）电压引出的线要用双芯屏蔽线，尽量减小连接线形成的回路面积，因为冲击电流产生的磁通穿过它会引起附加电压。

冲击源和测试系统只能单点接地，一般取（U1，U2）中的低电位点。

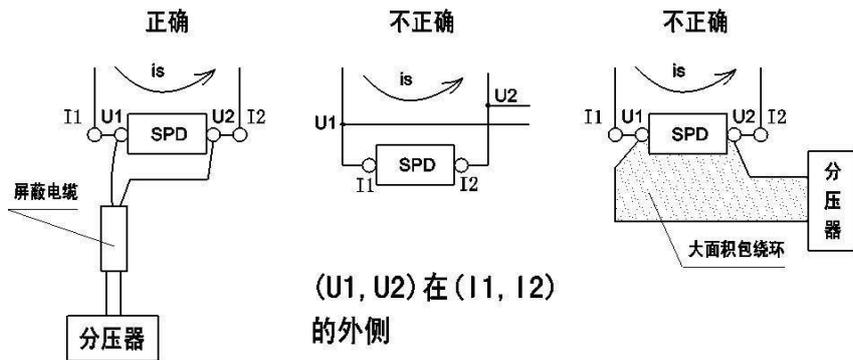


图 F.5 限制电压测量时样品的连接

F.3.3 样品阻抗与冲击源阻抗的匹配

每一台冲击发生器都有其特性阻抗，只有当这个阻抗与样品阻抗保持在某个比例范围内时，测试电流的波形才能在合格范围内。也就是说，样品阻抗与冲击源阻抗必须“匹配”。由于测试电流的波前时间对限制电压的测试结果有明显影响，因此尤其要保证波前时间在规定范围内。

压敏电压越高，测试电流的峰值越小，MOV 的等效阻抗就越大，在冲击发生器特性阻抗一定的条件下，测试电流的波前时间就越小，反之亦然。测试中要注意这一点。

附录 G

(资料性附录)

压敏电阻器 (MOV) 的失效模式

MOV 的失效模式有以下几种:

G.1 劣化失效模式

在这一模式中, MOV 的压敏电压低于试验前的 90%。

G.2 短路失效模式

在这一模式中, MOV 两电极之间, 至少有一个导通链上的绝大部分晶界势垒被短路了, 或消失了, 表现为 MOV 的非线性指数 $\alpha < 2$ ($\alpha = \text{Log}^{-1} \frac{U_{1ma}}{U_{0.1ma}}$ 式中: $U_{1ma}, U_{0.1ma}$ 分别是以 dc 1ma, 0.1ma 电流测得的电压)。

G.3 高限制电压失效模式

在这一模式中压敏电阻器 (MOV) 在规定测试电流下的限制电压, 高于试验前的 110%。

G.4 突然毁坏失效模式 (Catastrophic failure)

在这一模式中器件突发性完全失效。“突发性”是指无法通过事先检查或监测来预测, “完全失效”是指器件彻底丧失所有基本的功能。突然毁坏失效通常是过强的电压/电流应力, 和/或器件有缺陷而造成的结构性破坏, 导致突然失去所有基本功能。