

压敏电阻与气体放电管的配合使用

一. 基础知识介绍

气体放电管和压敏电阻是防雷器主要组成元器件。气体放电管用于**开关型**防雷器，压敏电阻用于**限压型**防雷器。

一、气体放电管的工作原理及特性

气体放电管一般采用陶瓷作为封装外壳，放电管内充满电气性能稳定的惰性气体，放电管的电极一般有两个电极、三个电极和五个电极三种结构。当在放电管的极间施加一定的电压时，便在极间产生不均匀的电场，在电场的作用下，气体开始游离，当外加电压达到极间场强并超过惰性气体的绝缘强度时，两极间就会产生电弧，电离气体，产生“负阻特性”，从而马上由绝缘状态转为导电状态。即电场强度超过气体的击穿强度时，就引起间隙放电，从而限制了极间电压。也就是说在无浪涌时，处于开路状态，浪涌到来时，放电管内的电极板关合导通。浪涌消失时，极板恢复到原来的状态。

气体放电管是一种开关型的防雷保护器件，一般用于防雷工程的第一级或第二级的保护上；由于它的极间绝缘电阻大，因而寄生电容很小，所以用于对高频电子线路的保护有着明显的优势。然而气体放电管由于其本身在放电时的时延性较大和动作灵敏性不够理想，因此它对于上升陡度较大的雷电波头也难以进行有效的抑制，所以气体放电管一般在防雷工程的应用上大多与限压型防雷器进行综合应用。

综上所述：

气体放电管的优点是电流通容量大；寄生电容小；残压较低，一般 **900V** 左右；

气体放电管的缺点是：

- 1、放电时延性较大，动作灵敏度不够，响应时间较慢，为 **80ns** 左右。
- 2、有续流，不利于对交流或 **20V** 以上的线路进行保护，因而与火花间隙一样，存在续流的遮断问题。
- 3、无法进行劣化指示和实现故障遥信功能，安全系数不高。

二、压敏电阻的工作原理及特性

压敏电阻是一种以氧化锌为主要成份的金属氧化物半导体非线性的限压型电阻。

压敏电阻的伏安特性是连续和递增的，因此它不存在续流的遮断问题。

它的工作原理为压敏电阻的氧化锌和添加剂在一定的条件下“烧结”，电阻就会受电压的强烈影响，其电流随着电压的升高而急剧上升，上升的曲线是一个非线性指数。当在正常工作电压时，压敏电阻处于一种高阻值状态。当浪涌到来时，它处于通路状态，强大的电流流过自身泄入大地。浪涌过后，它又马上恢复到高阻值状态。

压敏电阻的几个重要参数：

A：压敏电压：压敏电压一般认为是在温度为 20 度时在压敏电阻上有 1mA 电流流过的时候，相应加在该电阻两端的电压。

压敏电压在交流电网中，一般比电网的峰值电压要高，为峰值电压的 0.7 倍，而峰值电压一般认为是交流电网电压的 $\sqrt{2}$ 倍（直流时峰值电压是额定电压的 1.2 倍）。用公式表示为：

$$V_N = V_{NH} \times \sqrt{2} \div 0.7$$

式中的 V_N 为压敏电压, V_{NH} 为电网额定电压。

B：漏电流：漏电流是指在正常情况下通过压敏电阻微安数量级的电流。漏电流越小越好。

对于漏电流特别应强调的是必须稳定，不允许在工作中自动升高，一旦发现漏电流自动升高，就应立即淘汰，因为漏电流的不稳定是加速防雷器老化和防雷器爆炸的直接原因。因此在选择漏电流这一参数时，不能一味地追求越小越好，只要是在电网允许值范围内，选择漏电流值相对稍大一些的防雷器，反而较稳定。

C：响应时间：响应时间是指加在防雷器两端的电压等于压敏电压所需的时间，达到这一时间后防雷器完全导通。压敏电阻的响应时间为 25ns 左右。

D：寄生电容：压敏电阻一般都有较大的寄生电容，它的寄生电容一般在几百微微法到几千微微法之间，因而它不利于对高频电子系统的保护。因为这种寄生电容对高频信号的传输会产生畸变作用，从而影响系统的正常运行。因而对频率较高的系统的保护，应选择寄生电容低的压敏电阻型防雷器。

它的优点：

1、残压低。

2、响应时间快，为 **25ns** 左右。

3、无续流。

4、可以实现劣化批示和故障遥信告示功能，因此，它的保护效果安全、可靠。它是目前供电系统中常用产品，特别是电力、电信供电领域，更是一枝独秀。

它的缺点：有泄漏电流；寄生电容较大，不利于对高频电子线路的保护。

二、防雷元器件的一般使用方法及使用注意事项

防雷元器件的一般使用方法

1. 开关元件主要应用于共模保护，也常在无源电路中作差模保护。

2. 限压元件主要应用于差模保护，也常用在共模电路中和开关元件串联，防止开关元件导通后使线路与地发生短路；或者作为开关元件的限流元件以阻断续流，使开关元件复位。

使用注意事项

1. 开关元件不能单独跨接在有源电路中作差模保护，为避免电源短路，必须串接限压元件。

2. 流过防雷元器件的浪涌电流必须小于其脉冲峰值电流。压敏电阻应按其降额特性选择。

3. 用作差模保护的防雷元器件，其最小击穿电压必须大于线路的最高工作电压。

4. 用作差模保护的防雷元器件，其限制电压必须小于被保护设备所能承受的最高安全电压。

三、压敏电阻与气体放电管的配合使用

1. 原理介绍

由于压敏电阻（VDR）具有较大的寄生电容，用在交流电源系统，会产生可观的泄漏电流，性能较差的压敏电阻使用一段时间后，因泄漏电流变大可能会发热自爆。为解决这一问题在压敏电阻之间串入气体放电管。图 1 中，将压敏电阻与气体放电管串联，由于气体放电管寄生电容很小，可使串联支路的总电容减至几个 pF。在这个支路中，气体放电管将起一个开关作用，没有暂态电压时，它能将压敏电阻与系统隔开，使压敏电阻几乎无泄漏电流。但这又带来了缺点就是反应时间为各器件的反应时间之和。例如压敏电阻的反应时间为 25ns，气体放电管的反应时间为 100ns，则图 2 的 R2、G、R3 的反应时间为 150ns，为改善反应时间加入 R1 压敏电阻，这样可使反应时间为 25ns。

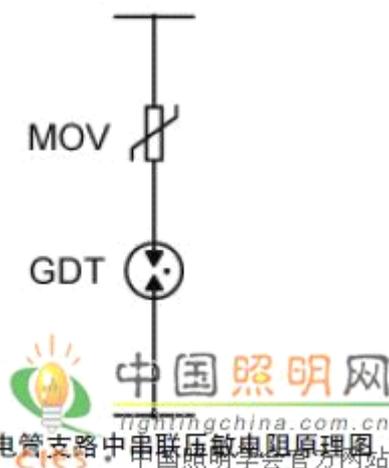


图 1 气体放电管支路中串联压敏电阻原理图

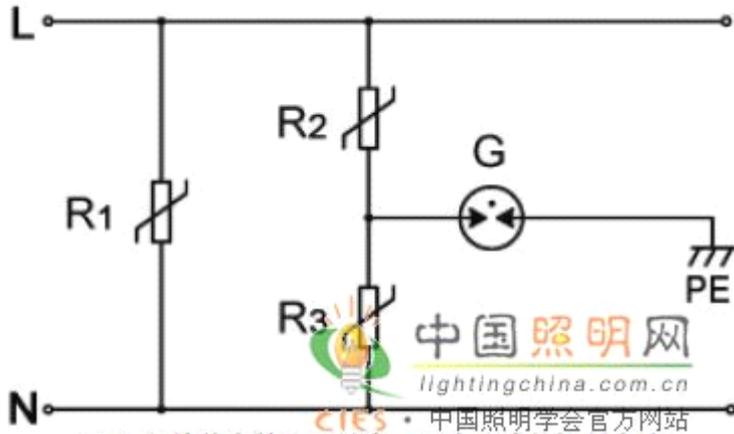
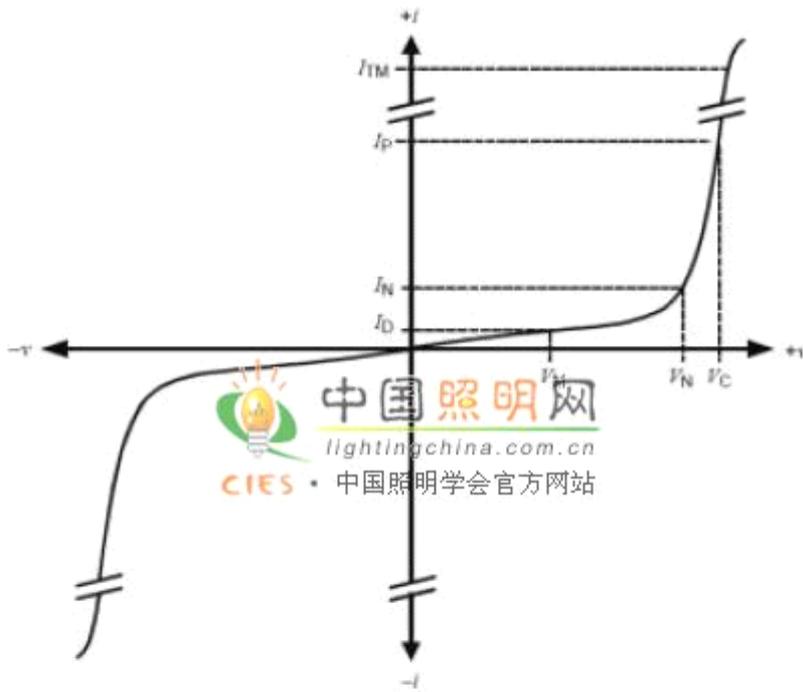


图 2 气体放电管和压敏电阻组合构成的抑制电路

金属氧化物压敏电阻（MOV）的电压-电流特性见图 3，金属氧化物压敏电阻（MOV）特性参数见表 1。



V_m —最大持续电压
 V_n —标称压敏电压
 V_c —限制电压

I_0 —待机电流
 I_n —脉冲电流
 I_p —脉冲峰值电流
 I_m —单次脉冲峰值电流

图 3 金属氧化物压敏电阻（MOV）的电压-电流特性

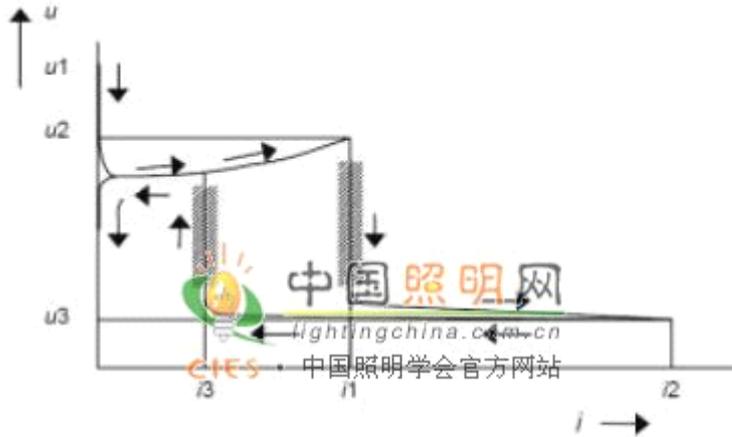
金属氧化物压敏电阻（MOV）特性参数

表 1 金属氧化物压敏电阻（MOV）特性参数（以 TKS 产品举例）

型号	标称压敏电压	最大持续电压		最大限制电压 (8/20 μs)		最大浪涌电流 (8/20 μs)	最大能量	额定功率	电容量
	V_N (V)	V_{RMO} (V)	V_{RMC} (V)	V_C (V)	I_r (A)	I_{max} (A)	W_{max} (J)	P (W)	C (pF)
TVR 14471	470	300	385	775	50	4500	125	0.6	320
TVR 20511	510	320	410	845	100	6500	220	1	530
TVR 14561	560	350	450	930	50	4500	125	0.6	260
TVR 14621	620	395	510	1020	50	4500	125	0.6	240
TVR 14681	680	420	560	1120	50	4500	130	0.6	230
TVR 14751	750	460	615	1235	50	4500	143	0.6	220
TVR 14821	820	510	670	1355	50	4500	157	0.6	180
TVR 14911	910	550	745	1500	50	4500	175	0.6	170
TVR 14102	1000	625	825	1650	50	4500	250	0.6	110
TVR 14142	1400	820	1140	2300	50	4500	315	0.6	95
TVR 14162	1600	910	1300	2630	50	4500	354	0.6	85
TVR 14182	1800	1000	1465	2950	50	4500	354	0.6	85

气体放电管（GDT）的电压-电流特性见图 4，气体放电管（GDT）特性参数见表 2。

由于浪涌干扰所致，一旦加在气体放电管两端的电压超过火花放电电压（图 4 的 u_1 ）时，放电管内部气体被电离，放电管开始放电。放电管端的压降迅速下降至辉光放电电压（图 4 的 u_2 ）（ u_2 在表 2 中的数值为 140V 或 180V，与管子本身的特性有关），管内电流开始升高。随着放电电流的进一步增大，放电管便进入弧光放电状态。在这种状态下，管子两端电压（弧光电压）跌得很低（图 4 的 u_3 ）（ u_3 在表 2 中数值为 15V 或 20V，与管子本身的特性有关），且弧光电压在相当宽的电流变动范围（从图 4 的 $i_1 \rightarrow i_2$ 过程中）内保持稳定。因此，外界的高电压浪涌干扰，由于气体放电管的放电作用，被化解成了低电压和大电流的受保护情况（ u_3 和 i_2 ），且这个电流（从图 4 的 $i_2 \rightarrow i_3$ ）经由气体放电管本身流回到干扰源里，免除了干扰对器件可能带来的危害。随着浪涌过电压的消退，流过气体放电管的电流降到维持弧光放电状态所需的最小值以下（约为 10mA~100mA，与管子本身的特性关），弧光放电便停止，并再次通过辉光放电状态后，结束整个放电状态（熄弧）。



电压-电流特性 $u=f(i)$ (示意图)

u_1 —直流火花放电电压

i_1 —辉光至弧光转变电流

u_2 —辉光电压

i_2 —峰值电流

u_3 —弧光电压

i_3 —弧光至辉光转变电流

图 4 典型气体放电管 (GDT) 的电压-电流特性

表 2 气体放电管 (GDT) 特性参数 (以 EPCOS 产品举例)

型号	直流火花放电电压 (V)	直流火花放电电压误差 (%)	冲击火花放电电压 $1\text{kV}/\mu\text{s}$ 波 (V)	耐冲击电流 $8/20\mu\text{s}$ 波 寿命	耐冲击电流 $8/20\mu\text{s}$ 波 寿命	耐冲击电流 $10/1000\mu\text{s}$ 波 寿命	100Vdc 下绝缘电阻 ($G\Omega$)	电容量 (pF)	弧光电压 (V)	辉光至弧光转变电流 (A)	辉光电压 (V)
EM2500XS	2500	± 20	<3200	2kA/3 次	5kA/1 次	100A/300 次	>1	<1	~ 15	~ 1	~ 140
EM3000XS	3000	± 20	<3500	2kA/10 次	5kA/1 次	100A/300 次	>1	<1	~ 15	~ 1	~ 140
EM4000XS	4000	± 20	<4400	2kA/3 次	2.5kA/1 次	100A/300 次	>1	<1	~ 15	~ 1	~ 140
EM3600XS	3600	± 15	<4300	2kA/10 次	N/A	100A/1000 次	>1	<1	~ 15	~ 1	~ 140
A71-H25X	2500	± 20	<3900	2.5kA/标称冲击放电电流	2.5kA/单个冲击放电电流	N/A	>10	<1	~ 20	~ 1	~ 180
A71-H35X	3500	± 20	<4900	2.5kA/标称冲击放电电流	2.5kA/单个冲击放电电流	N/A	>10	<1	~ 20	~ 1	~ 180
A71-H45X	4500	± 20	<5800	2.5kA/标称冲击放电电流	2.5kA/单个冲击放电电流	N/A	>10	<1	~ 20	~ 1	~ 180
A71-H55X	5500	± 15	<6500	5kA/标称冲击放电电流	5kA/单个冲击放电电流	N/A	>10	<1	~ 20	~ 1	~ 180

注：上述气体放电管均为二极管放电管。

2. 配合方式

a. 并联使用

压敏电阻在通过持续大电流后其自身的性能要退化，将压敏电阻与放电管并联起来，可以克服这一缺点。在放电管尚未放电导通之前，压敏电阻就开始动作，对暂态过电压进行箝位，泄放大电流，当放电管放电导通后，它将与压敏电阻进行并联分流，减小了对压敏电阻的通流压力，从而缩短了压敏电阻通大电流的时

间，有助于减缓压敏电阻的性能退化。在这种并联组合中，如果压敏电阻的参考电压 U_{1mA} 选得过低，则放电管将有可能在暂态过电压作用期间内不会放电导通，过电压的能量全由压敏电阻来泄放，这对压敏电阻是不利的，因此 U_{1mA} 的数值必须选得比放电管的直流放电电压要大些才行。必须指出，这种并联组合电路并没有解决放电管可能产生的续流问题，因此，它不宜应用于交流电源系统的保护。

b. 串联使用

压敏电阻与放电管的另一种组合是串联。压敏电阻具有较大的寄生电容，当它应用于交流电源系统的保护时，往往会在正常运行状态下产生数值可观的泄漏电流，例如，一个寄生电容为 $2nF$ 的压敏电阻安装在 $220V$ 、 $50Hz$ 的交流电源系统中，其泄漏电流可达 $0.14mA$ （有效值），这样大的泄漏电流往往会对系统的正常运行产生影响。将压敏电阻与放电管串联之后，由于放电管的寄生电容很小，可使整个串联支路的总电容减到几个微微法。在这种串联组合支路中，放电管起着开关作用，当没有暂态过电压作用时，它能够将压敏电阻与系统隔离开，使压敏电阻中几乎无泄漏电流，这就能降低压敏电阻的参考电压 U_{1mA} ，而不必顾及由此会引起泄漏电流的增大，从而能较为有效地减缓压敏电阻性能的衰退。在暂态过电压作用期间，由于压敏电阻的参考电压 U_{1mA} 可选得较低，只要放电管能迅速放电导通，则串联支路能给出比单个压敏电阻更低的箝位电压。