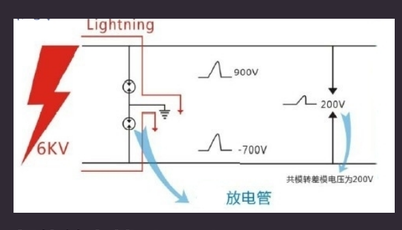
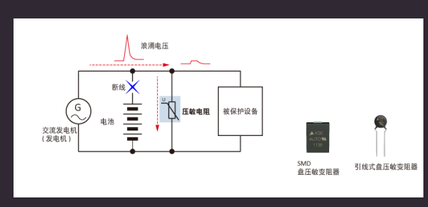
防雷电路中的元器件

气体放电管（GDT）



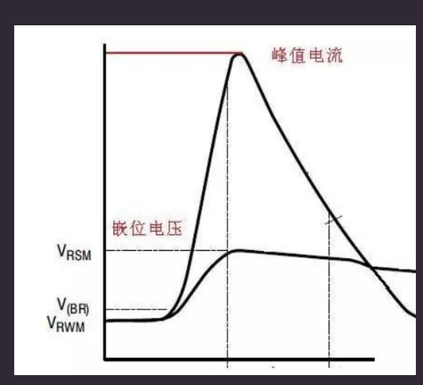
- 简述：是一种开关型过压防雷保护元器件，广泛应用于防雷工程的第一级或第二级保护上，常与限压型防雷保护器件综合应用。不论是各种信号电路的防雷还是交直流电源的防雷，都可以借助陶瓷气体放电管将强大的雷电流泄放入大地，对高频电子线路的保护有着明显的优越性。
- 原理：当两极间电压足够大时，极间间隙将放电击穿由原来绝缘状态转为导电状态，类似短路。导电状态下两极间维持电压很低，一般为20~50V，因此可以有效保护后级电路。
- 主要参数：
  - 响应时间：指从外加电压超过击穿电压到产生击穿现象的时间，气体放电管反应时间一般在μs 数量级；
  - 直流击穿电压：亦称直流火花放电电压，是指施加缓慢升高的直流电压时，GDT火花放电时的电压；
  - 脉冲击穿电压：亦称最大冲击火花放电电压，是指施加规定上升率和极性的冲击电压，在放电电流流过 GDT 之前，其两端子间的电压最大值；
  - 通流量：指气体放电管所能承受及散发的最大能量，其定义为在固定的 8×20μs电流波形下，所能承受及散发的电流；
  - 绝缘电阻：是指在外施一定的直流电压时（如 50 或 100V ）测量的气体放电管电阻；
  - 极间电容：指在特定的 1MHz 频率下测得的气体放电管两极间电容量。气体放电管电容量很小；
  - 续流遮断时间
- 优点：
  - 通流量大，浪涌防护能力强；
  - 结电容低，多数结电容在5pF以下；
  - 绝缘电阻大，普遍在1GΩ以上；
- 缺点：
  - 响应时间较慢；
  - 动作灵敏度不够高；
  - 部分型号GDT会出现续流现象；
- 选型注意点：
  - 直流击穿电压选：取应该参考电路的工作电压，其电压值应该大于被保护线路的最大工作电压，一般为线路正常运行电压峰值的1.8倍；
  - 脉冲击穿电压要考虑浪涌测试等级，一般浪涌测试波形的上升时间为微秒级的脉冲波形，如 8/20μs 电流波和 10/700μs 电压波；
  - GDT由于击穿电压误差大，一般不并联使用在电路中；
  - GDT是一种开关型过电压保护器件，导通后电压较低，不能单独应用于较高的电源线保护，可以在GDT上串联MOV或PTC等限制续流的问题；
  - 要根据电路设计布局选择封装形式。GDT封装的大小反应其防护等级大小，封装越大耐冲击电流的能力越强，防护等级就越高；

压敏电阻（VSR）



- 简述：一种对电压敏感的非线性过压保护器件，利用压敏电阻的非线性特性，当过电压出现在压敏电阻的两极间，压敏电阻可以将电压钳位到一个相对固定的电压值，从而实现对后级电路的保护。
- 原理：当加在压敏电阻上的电压低于它的阈值时，流过它的电流极小，它相当于一个阻值无穷大的电阻。也就是说，当加在它上面的电压低于其阈值时，它相当于一个断开状态的开关。
  当加在压敏电阻上的电压超过它的阈值时，流过它的电流激增，它相当于阻值无穷小的电阻。也就是说，当加在它上面的电压高于其阈值时，它相当于一个闭合状态的开关。
- 主要参数：
  - 通流量：是指在规定的条件（规定的时间间隔和次数，施加标准的冲击电流）下，允许通过压敏电阻器上的最大脉冲（峰值）电流值。如果电流值超过通流容量，压敏电阻将会损坏；
  - 最大限制电压：指压敏电阻器两端所能承受的最高电压值，它表示在规定的冲击电流Ip通过压敏电阻时次两端所产生的电压此电压又称为残压，所以选用的压敏电阻的残压一定要小于被保护物的耐压水平Vo,否则便达不到可靠的保护目的;
  - 最大能量：最大能量 Em是指压敏电阻能够耗散的规定波形的浪涌电流或脉冲电流的的最大能量。能够承受的含义是，冲击后的压敏电压 UN的与冲击前相比不大于±10％，且同时不能发生
    目视可见的机械损伤；
  - 电压比：指压敏电阻器的电流为1mA时产生的电压值与压敏电阻器的电流为0.1mA时产生的电压值之比；
  - 额定功率：在特定的环境温度85℃下工作1000小时，使压敏电压变化小于10%的最大功率；
  - 最大冲击电流：以特定的脉冲电流(8/20us波形)冲击压敏电阻器一次或两次（每次间隔5分钟），使的压敏电压变化仍在10%以内的最大冲击电流。其中us指微秒；
  - 残压比：指通过压敏电阻器的电流为某一值时，在它两端所产生的电压称为这一电流值的残压。残压比则是残压与标称电压之比。它是在In（标称放电电流）下测得的残压值与该压敏电阻的厚度之比值，单位是V/mm;
  - 漏电流：IEC 对漏电流 IL 较为普遍的定义是：环境温度 25℃时，在压敏电阻上施加其所属规格的最大连续直流工作电压 UDC，流过压敏电阻的直流电流。
  - 静态电容：指压敏电阻器本身固有的电容容量;
- 优点：
  - 多种浪涌吸收能力：标准、高浪涌、超高浪涌，压敏电阻的物理尺寸决定其浪涌吸收能力；
  - 响应速度快ns级，比TVS管慢些，比气体放电管快；
  - 广泛的可变电阻电压范围18V-1800V，其精度通常在10%上下，能够满足低压到高压的应用需求；
  - 尺寸多样化，各种引线形式：直、弯和其他特殊引线类型；
- 缺点：
  - 压敏电阻的非线性特性较差（动态电阻较大）；
  - 大电流时限制电压（箝位电压）较高；
  - 低电压时漏电流较大，较易老化；
  - 寄生电容大，在高频信号系统中会引起高频信号传输畸变；
- 选型注意点：
  - 压敏电阻电压值要大于实际电路中的电压峰值，即连续施加在压敏电阻两端的电源电压，要小于压敏电阻规格书中的“最大持续工作电压值“；一般按照，交流2.25倍，直流1.82倍；
  - 压敏电阻的箝位电压要小于被保护设备承受的最大电压；
  - 通流容量的选择：原理上是按照最大暂态浪涌电流来选择，但在实际应用过程中，要适当加大所选压敏电阻的通流容量；
  - 对于高频率传输信号的线路，电容要尽量的小；
  - 要考虑使用环境，具体要求的浪涌电压情况；

电压钳位型瞬态抑制二极管（TVS）



- 简述：限压保护器件，作用与压敏电阻类似
- 原理：当TVS二极管的两极受到反向瞬态高能量冲击时，能以极快的速度，将其两极间的高阻抗变为低阻抗，吸收电源和信号线上的浪涌功率，使两极间的电压箝位于一个预定值。
- 主要参数：
  - 反向截止电压 VRWM 与反向漏电流 IR：反向截止电压 VRWM 表示 TVS 管 不导通的最高电压，在这个电压下只有很小的反向漏电流 IR；
  - 击穿电压 VBR：TVS 管通过规定的测试电流时的电压，这是表示 TVS 管导 通的标志电压；
  - 脉冲峰值电流 IPP：TVS 管允许通过的 10/1000μs 波的最大峰值电流（8/20μs 波的峰值电流约为其 5 倍左右），超过这个电流值就可能造成永久性损坏。在同一个系列中，击穿电压越高的管子允许通过的峰值电流越小，一般是几 A～几十 A；
  - 脉冲峰值功率 Pm： 脉冲峰值功率 Pm 是指 10/1000μs 波的脉冲峰值电流 IPP 与最大箝位电压 VC 的乘积，即 Pm= IPP*VC；在给定的最大钳位电压下， 功耗 PM 越大，其浪涌电流承受能力越大，在给定的功耗 PM 下，钳位电压越 低，其浪涌电流的承受能力越大；另外，峰值脉冲功耗还与脉冲波形，持续时间和环境温度有关：典型的脉冲波形持续时间为 1ms，当施加到二极管上的脉冲波形持续时间小于 TP，则随着 TP 的减小脉冲峰值功率增加；TVS 所能承受的瞬态脉冲式不重复的，如果电路内出现重复性脉冲，应考虑脉冲功率的累积可能损坏 TVS；
  - 最大箝位电压 VC：TVS 管流过脉冲峰值电流 IPP 时两端所呈现的电压；
  - 极间电容 Cj：与压敏电阻一样，TVS 管的极间电容 Cj 也较大，且单向的比双向的大，功率越大的电容也越大，极间电容会影响 TVS 的响应时间；
- 优点：
  - 响应时间快，相应时间可以达到ps级，是限压型浪涌保护器件中最快的。用于电子电路的过电压保护时其相应速度都可以满足要求；
  - 结电容低，根据其制造工艺，大致可分为两种类型，高结电容TVS一般在几百~几千pF的数量级，低结电容TVS一般在几pF~几十pF的数量级。一般分立式TVS结电容较高，表贴式TVS结电容较低。在高频信号线路中，应主要选用较低结电容的TVS管；
  - 非线性特性比压敏电阻好，当通过TVS管的过电流增大时，TVS管的钳位电压上升速度比压敏电阻慢，因此可以获得比压敏电阻更低的残压输出，将浪涌限制在较低的电压；
  - 反向漏电流较低，一般为uA级别，几uA~几百uA之间；
- 缺点：
  - 反向击穿电压较低，相对于压敏电阻和气体放电管及其它浪涌保护器件而言；
  - 通流容量低，在限压型浪涌保护器件中是最小的，因此一般只能用于最末级的精细保护；
- 选型注意点：
  - TVS 的最大反向钳位电压 VC 应小于被保护电路的损坏电压；
  - TVS 的额定反向关断电压 VWM 要大于或等于被保护电路的最大工作电压， 若选用的 VWM 太低，器件可能进入雪崩或因反向漏电流太大影响电路的正常 工作；
  - 交流电压只能用双向 TVS；
  - 在规定的脉冲持续时间内，TVS 的最大峰值脉冲功率 PM 必须大于被保护电路可能出现的峰值脉冲功率，在确定了最大钳位电压后，其峰值脉冲电流应大于瞬态浪涌电流；
  - 结电容是影响 TVS 在高速线路中使用的关键因素，在这种情况下，一般用一个 TVS 管和一个快恢复二极管以背对背的方式连接，由于快恢复二极管有较小的结电容，因而二者串联的等小电容也较小，可以满足高频使用的要求；
  - 需要考虑降额使用的应用；
    - 直流回路中，TVS的反向击穿电压应约等于1.8~2倍的回路中直流工作电压；
    - 信号回路中，TVS的反向击穿电压应约等于1.2~1.5倍信号回路的峰值电压；

电压开关型瞬态抑制二极管（TSS）

- 简述：原理与气体放电管类似，而与压敏电阻和TVS不同
- 原理：当TSS两端的过电压超过击穿电压时，TSS将把过电压钳位到比击穿电压更低的接近0V的水平上，之后TSS持续这种短路状态，直到流过TSS的过电流降到临界值以下后，TSS才恢复开路状态。