

模块电源可靠性应用技术专题系列---浪涌防护设计之 TSS 与 TVS 选型及应用

由于模块电源应用的场合越来越广，应用场合错综复杂，正确、合理的选择和应用模块电源，是确保模块电源及其系统整体可靠性的重要环节之一。模块电源可靠性应用技术专题系列，从模块电源的应用角度出发，结合公司多年的模块电源设计和应用经验，系统地介绍模块电源的可靠性应用技术，包括浪涌防护、滤波器设计、模块电源热性能评估、可靠性设计和评估、模块电源可靠性测试、模块电源保护电路、模块电源纹波和噪声处理技术、模块电源的安规和绝缘性能等方面专题。希望能给模块电源的应用客户在可靠性应用上带来一些帮助，提升系统的可靠性……

本文主要分析和介绍半导体放电管（TSS）和瞬态抑制二极管（TVS）的工作原理、特性及选型设计和注意事项。正确的理解和分析浪涌防护和泄放路径，以及选择合理的防护器件，是做好模块电源浪涌防护设计的重要环节。

1、半导体气体放电管-TSS

TSS 是一种相对特殊的保护器件，当外加电压低于其不动作电压 V_{DRM} 时，管子的漏电流极小，相当于断路；当外电压继续加大时，开始发生击穿（类似于二级管）；当外电压进一步加大后，管子的两端变成导通状态，相当于短路，可以泄放很大的电流；当外电压撤去以后，管子即可恢复断态。

TSS 的 V-I 特性：

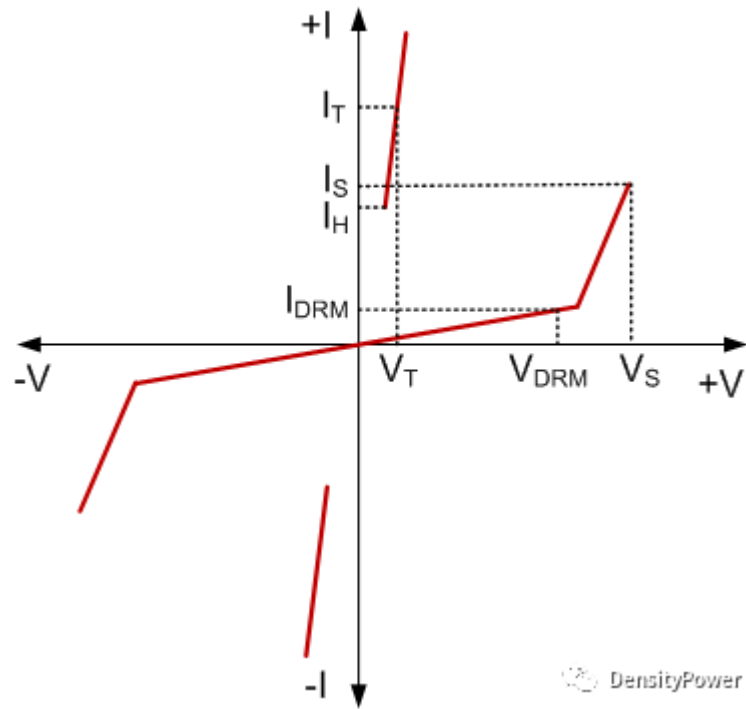


图 1、TSS 伏安特性

TSS 的主要参数特性:

◇ VDRM, IDRM

VDRM, 断态重复峰值电压, 即断态时可施加的包含所有直流和重复性电压分量的额定最高瞬时电压。

IDRM, 断态重复峰值电流, 即施加断态峰值电压 VDRM 产生的最大 (峰值) 断态电流。

◇ VS, IS

VS, 开关电压, 器件转换进入通态前, 在击穿区终点时器件两端的瞬时电压。

IS, 在开关电压 VS 条件下流过器件的瞬时电流。

◇ VT, IT

VT, 在规定通态电流 IT 下器件两端的电压。

IT, 在通态条件下流过器件的电流。

◇ IH

IH, 维持电流, 维持晶闸管通态的最小阳极电流 (最小主电流或最小晶闸管电流)。

◇ Co

断态电容, 在规定的频率 f , 幅值 V_d 和直流偏压 V_D 条件下, 处于断态时规定端子间测得的微分电容。通常采用在 $100\text{kHz} < f < 1\text{MHz}$ 时的 $V_d=0.1\text{V(rms)}$, 直流偏置电压值宜为 0V 条件下测量的电容。

◇ VPP, IPP

IPP, 某一规定波形的脉冲电流峰值。

VPP, 某一规定脉冲电压的峰值。

IPP (VPP) 是衡量 TSS 承受浪涌脉冲电流 (电压) 冲击的参数, IPP (VPP) 越大, 说明 TSS 对浪涌冲击的承受能力越强。

TSS 的应用特点:

- 响应快, 在 ns 级;
- 寄生电容小;
- 存在维持电流;
- 漏电流很小;
- 双向对称特性;
- 通流量在几百 A, 不大。

TSS 的选型:

在选用 TSS 时, 一般应遵循以下原则:

- ◇ 截止电压 V_{DRM} 的选取: 截止电压必须大于被保护的电路的最大工作电压;
- ◇ 转折电压 V_{BO} 的选取: 转折电压必须小于设备能承受的最大瞬态峰值电压;
- ◇ 维持电流 IH 的选取: 维持电流必须大于设备的工作电流和短路电流;

- ◇ 寄生电容 C 的选取：寄生电容根据电路所允许的插入损耗或信号传输的频率选择；
- ◇ 浪涌通流的选取：浪涌电流的选择根据电路或浪涌测试标准要求进行不同等级的选择。
- ◇ 半导体放电管选型和 TVS 管选型有点类似，与 TVS 管不同的是它导通后电压很低，要特别注意防止过大的续流损坏电路元件，包括半导体过压保护器本身，因此所用的限流电阻应选得更大些。

2、瞬态抑制二极管 TVS

TVS(Transient Voltage Suppressors)，瞬态抑制二极管，采用标准的半导体工艺制成的 PN 结结构器件。应用时，反向并联于电路中，泄放瞬态浪涌等过电压，同时把电压箝制在预定水平。

TVS 的 V-A 特性：

单向和双向 TVS 的 I-V 特性如图 2、图 3 所示，从图中可以看出 TVS 特性类似于二极管，在击穿电压 VBR 以下，流过 TVS 两端的电流很小（ μA 级），当电压高于击穿电压 VBR，TVS 的电流以指数规律增加。

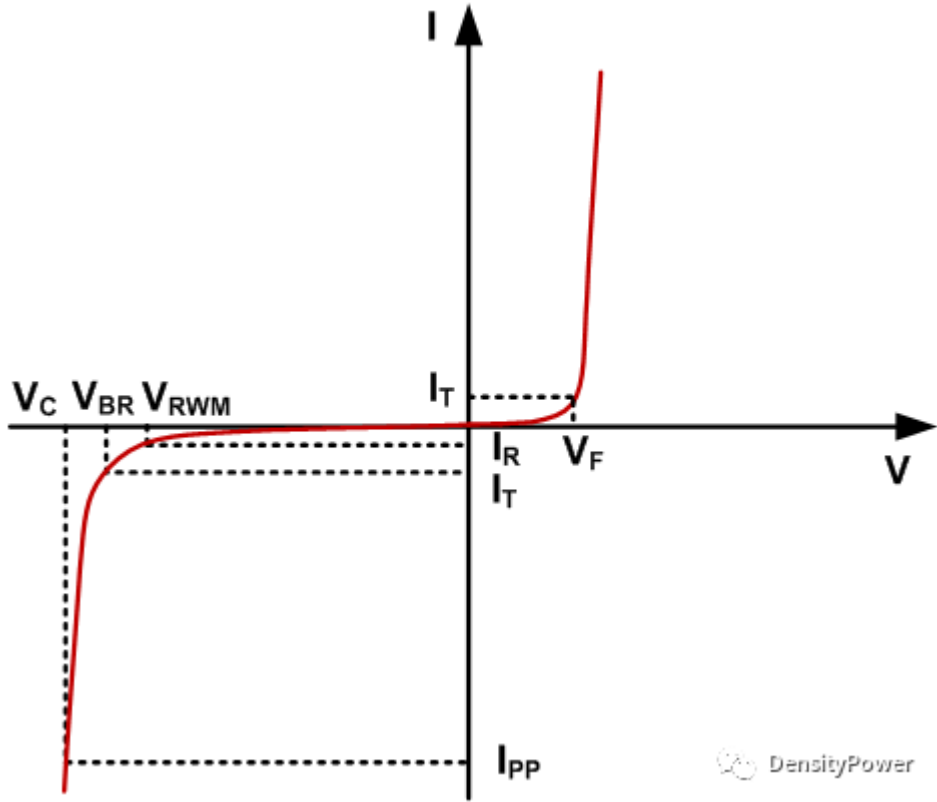


图 2、单向 TVS 伏安特性

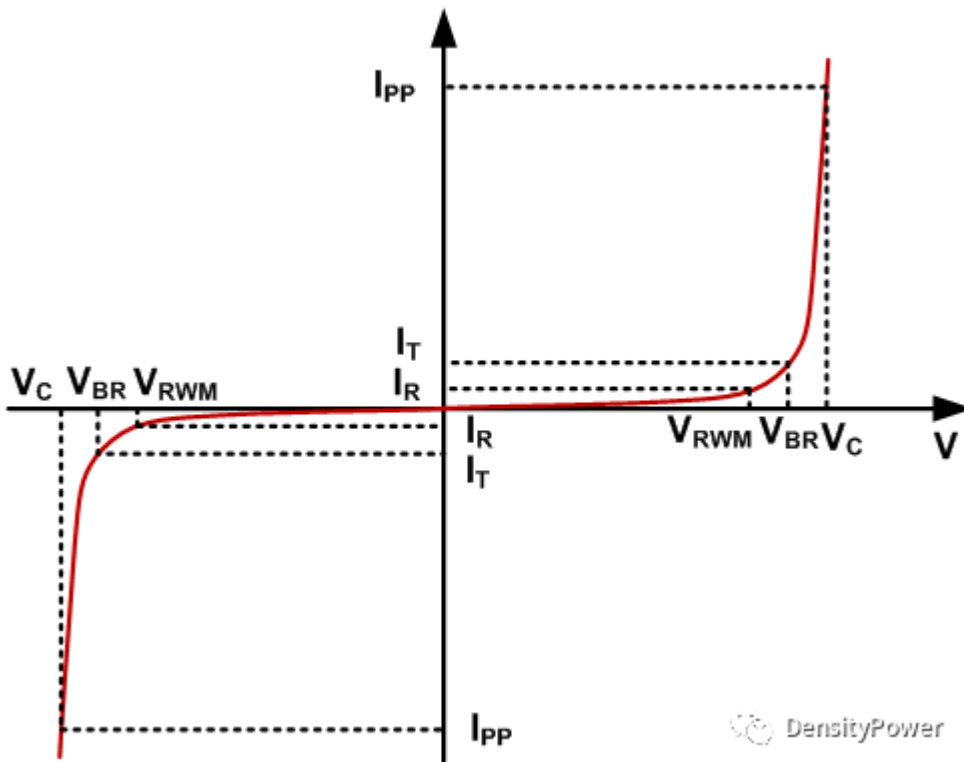


图 3、双向 TVS 伏安特性

TVS 的主要参数特性:

✧ VRWM

截止电压, TVS 二极管的最高工作电压, 可连续施加而不引起 TVS 二极管劣化或损坏状态下, 达到的最大的直流电压或交流峰值电压。在 VRWM 下, TVS 二极管是不工作的, 不导通。

✧ VC

钳位电压, 施加规定波形的峰值脉冲电流 IPP 时, TVS 二极管两端测得的峰值电压。

✧ VBR

击穿电压, 是 TVS 管的最小雪崩电压。指在 V-I 特性曲线上, 在规定的脉冲直流电流 IT 或接近发生雪崩的电流条件下测得 TVS 两端的电压。VBR MIN.和 VBR MAX.是 TVS 击穿电压的容差, 一般 TVS 为 $\pm 5\%$ 的偏差。

✧ IR

漏电流, 亦称静态电流。在规定温度和最高工作电压条件下, 流过 TVS 二极管的最大电流, 其值是在截止电压下测量的。

✧ IPP

峰值脉冲电流, 一般在 10/1000 μ s 电流波形下的峰值。

✧ IT

测试电流。

✧ C

电容值, 对于同功率等级的 TVS 管而言, 电压越低电容值就越大。

IPP 与 VC 是衡量 TVS 在电路保护中抵抗浪涌脉冲电流及限制电压能力的参数, 这两个参数是相互联系的。对于 TVS 在浪涌保护电路中的钳位特性, 可以参考 VC 这个参数, 对于同一型号 TVS, 在相同 IPP 下的 VC 越小, 说明 TVS 的钳位特性越好。TVS 的耐脉冲电流冲击能力可以参考 IPP, 同型号的 TVS, IPP 越大, 耐脉冲电流冲击能力越强。

TVS 的应用特点:

- 响应快 ns 级;
- 漏电流较大;
- 通流量较小。

TVS 二极管的选型:

- ◇ 要确定被保护电路中的最大直流或连续工作电压，电路的额定标准电压和“高端”容限;
- ◇ TVS 管的额定瞬态功率要大于电路中可能出现的最大瞬态浪涌功率;
- ◇ TVS 管的截止电压要大于被保护电路的最高工作电压;
- ◇ TVS 管的最大钳位电压要小于后级被保护电路中的损坏电压;
- ◇ 确定好 TVS 管最大箝位电压后，其峰值脉冲电流要大于瞬态浪涌电流;
- ◇ 对于数据接口的电路保护，还需注意选取具有合适电容的 TVS 二极管。比如：当信号频率或传输速率较高时,应选用低电容系列的 TVS 管。

TVS 二极管应用注意事项:

- ◇ 规格书手册给的只是特定脉宽下的吸收功率峰值，而实际电路中的脉冲宽度是变化不定，心里要有个数，对宽脉冲要降额应用;
- ◇ 对于小电流负载电路的保护，要有意识地增加限流电阻;
- ◇ 要注意 TVS 二极管的稳态平均功率是否在安全范围之内;
- ◇ 要考虑温度变化，正常而言，瞬态抑制二极管在-55°C 到 150°C 之间工作，电路中温度比较高的情况下要降额应用;
- ◇ TVS 瞬态抑制二极管的引线长短，要与被保护线路相对;
- ◇ 针对数据接口或通信线路中的防护，要尽可能选取电容值比较小的 TVS 二极管;

◇ 在使用 TVS 管过程中，考虑到 TVS 的离散性，尽量减少串/并数量。

同样作为保护器件，TVS 与压敏电阻和气体放电管相比，响应速度更快，耐浪涌冲击能力较差，属于钳位器件，钳位电压更稳。TVS 可以说是 EMC 防护器件中最好用的器件之一，响应速度快，对 ESD 等作用显著。也可以压敏电阻、气体放电管配合使用，作为分级防护释放浪涌能量。

3、浪涌防护保护器件的性能参数比较

综合上面可靠性应用技术专题连载文章所述，GDT、TSS、MOV、TVS 因其原理和特性的不同，其主要的性能参数对比如下表所示。

表 1、保护器件主要性能比较

特性/器件	钳位型过压保护器件		开关型过压保护器件	
	MOV	TVS	GDT	TSS
通流量	较大	小	大	一般
相应速度	较慢	特快	慢	快
电容	大	较大	特小	较小
直流击穿电压精度	一般	精准	一般	精准
脉冲击穿电压	低	低	高	低

小结

综合该专题连载文章所介绍和分析的浪涌产生原理和机理、浪涌泄放路径，浪涌防护器件的工作原理、特性和选型，及模块电源典型的浪涌防护电路，对于浪涌防护的设计和整改就好比治理水患的河道，需要做好“疏通”和“阻挡”，其中又以疏通为主，阻挡为辅。

浪涌防护设计本质上并不难，只是因为成本和体积的限制前提下才显得不那么好处理，所以说，设计中处处存在妥协，没有完美的设计，只有合适的设计。

另外，由于不同行业的产品所需的防护等级不同，如轨道交通应用的模块电源和消费品应用电源完全不在一个等级，所以具体项目需要具体分析。在 EMC 设计之前，请确认好产品所需的防护等级、是否有安规需求以及成本要求如何等。

下期预告：模块电源可靠性应用技术专题系列---模块电源纹波和噪声处理。敬请期待.....

Q&A

上期问题回答：

问题：浪涌产生的大电流通过导致电感能量释放产生高压而引发电弧放电的解决方案有哪些？

答：针对浪涌产生的大电流通过导致电感能量释放产生高压而引发电弧放电的主要解决方案是在电感两端并联适当的气体放电管或 MOV。

本期问题：

在 DC/DC 模块电源的输入浪涌防护电路中，为什么一边会选用双向 TVS？如果选择单相 TVS 会有什么问题？

--- 答案下期公布



扫一扫关注我们，
更多精彩内容等着您！