

1.3.5 快速功率二极管的串联和并联

1.3.5.1 串联

在串联时，需要注意静态截止电压和动态截止电压的对称分布。

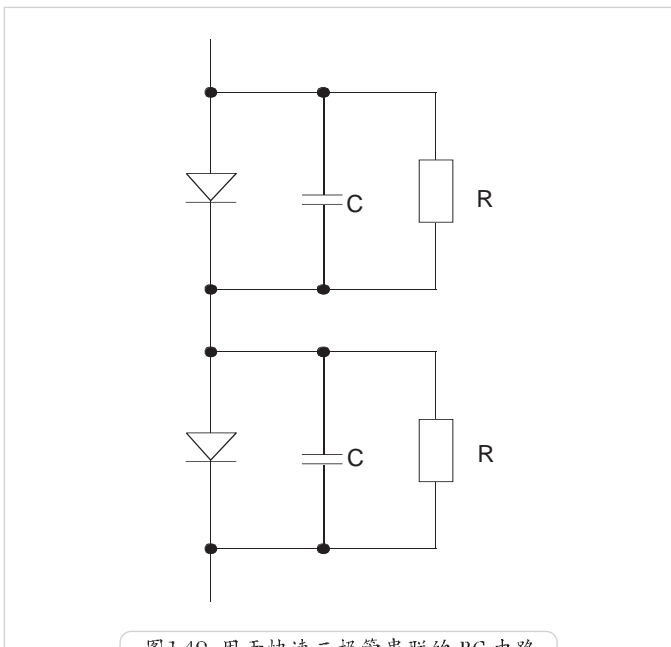


图1.40 用于快速二极管串联的RC电路

在静态时，由于串联各元件的截止漏电流具有不同的制造偏差，导致具有最小漏电流的元件承受了最大的电压，甚至达到擎住状态。但只要元件具有足够的擎住稳定性，则无必要在线路中采用均压电阻。只有当截止电压大于1200V的元件串联时，一般来说才有必要外加一个并联电阻。

假设截止漏电流不随电压变化，同时忽略电阻的误差，则对于n个具有给定截止电压 V_R 的二极管的串联电路，我们可以得到一个简化的计算电阻的公式[297]：

$$R < \frac{nV_r - V_m}{(n-1) \cdot \Delta I_r} \quad (1.15)$$

以上 V_m 是串联电路中电压的最大值, ΔI_r 是二极管漏电流的最大偏差, 条件是运行温度为最大值。根据 [297], 我们可以做一个充分安全的假设:

$$\Delta I_r = 0.85 I_{rm}, \quad (1.16)$$

上式中, I_{rm} 是由制造商所给定的。利用以上估计, 电阻中的电流大约是二极管漏电流的六倍。

经验表明, 当流经电阻的电流约为最大截止电压下二极管漏电流的三倍时, 该电阻值便是足够的。但即使在此条件下, 电阻中仍会出现可观的损耗。

原则上, 动态的电压分布不同于静态的电压分布。如果一个二极管 pn 结的载流子消失得比另外一个要快, 那么它也就更早地承受电压。

如果忽略电容的偏差, 那么在 n 个给定截止电压值 V_r 的二极管相串联时, 我们可以采用一个简化的计算并联电容的方法:

$$C > \frac{(n-1) \cdot \Delta Q_{RR}}{n \cdot V_r - V_m} \quad (1.17)$$

以上 ΔQ_{RR} 是二极管存储电量的最大偏差。我们可以做一个充分安全的假设:

$$\Delta Q_{RR} = 0.3 Q_{RR} \quad (1.18)$$

条件是所有的二极管均出自于同一个制造批号。 ΔQ_{RR} 由半导体制造商所给出。除了续流二极管关断时出现的存储电量之外, 在电容中存储的电量也同样需要由正在开通的 IGBT 来接替。根据上述设计公式, 我们发现总的存储电量值可能会达到单个二极管的存储电量的两倍。

一般来说, 续流二极管的串联电路并不多见, 原因还在于存在下列附加的损耗源:

1. pn 结的 n 重扩散电压;
2. 并联电阻中的损耗;
3. 需要由 IGBT 接替的附加存储电量;
4. 由 RC 电路而导致的元件的增加。

所以在高截止电压的二极管可以被采用时, 一般不采用串联方案。

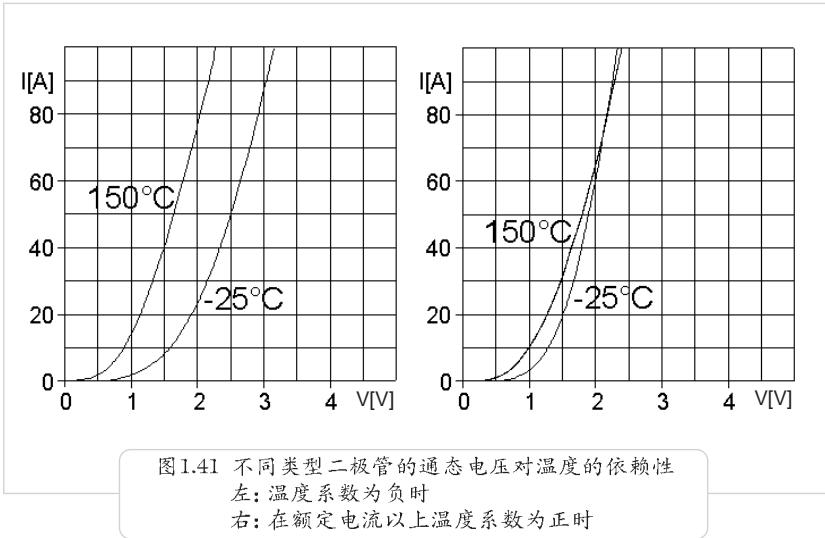
唯一的例外是当应用电路要求很短的开关时间和很低的存储电量时, 这两点正好是低耐压二极管所具备的。当然此时系统的通态损耗也会大大增加。

1.3.5.2 并联

并联并不需要附加的 RC 缓冲电路。重要的是在并联时通态电压的偏差应尽可能小。

一个判断二极管是否适合并联的重要参数是其通态电压对温度的依赖性。如果通态电压随温度的增加而下降,则它具有负的温度系数。对于损耗来说,这是一个优点。

如果通态电压随温度的增加而增加,则温度系数为正。



在典型的并联应用中,这是一个优点,其原因在于,较热的二极管将承受较低的电流,从而导致系统的稳定。因为二极管总是存在一定的制造偏差,所以在二极管并联时,一个较大的负温度系数 ($>2\text{mV/K}$) 则有可能产生温升失衡的危险。

并联的二极管会产生热耦合

1. 在多个芯片并联的模块中通过基片;
2. 在多个模块并联于一块散热片时通过散热器。

一般对于较弱的负温度系数来说,这类热耦合足以避免具有最低通态电压的二极管走向温升失衡。但对于负温度系数值大于 2mV/K 的二极管,我们则建议降额使用,即总的额定电流应当小于各二极管额定电流的总和。