

0.2 功率半导体的运行原理

显然，功率半导体的运行原理由上述的主动和被动开关过程所决定。这其中，开关过程又可细分为单开关的循环开关过程、感性的换流过程和容性的换流过程。图 0.4 列举了各种开关过程中电流和电压的关系。

硬开关 (HS, 图 0.7)

硬开通的特征如下：在电流换流期间 t_K ，换流电压 v_K 几乎全部降落在导通电流的开关 S_1 上，半导体内的功率损耗因此而出现一个可观的峰值。此时的换流电感值为最小，也就是说，电流的上升速度由正在开通的半导体开关所决定。在开关 S_2 被动关断后，电流的换流过程结束。换流时间与开关时间大致相等。

在硬关断过程中，开关 S_1 在继续导通电流的同时，其电压上升至电压 v_K 。然后，开关 S_2 被动开通，电流的换流过程开始。此时的换流电容值为最小，所以电压的上升速度主要由半导体器件的特性所决定。关断时间和换流时间大致相等，同时开关内部的功率损耗出现一个可观的峰值。

软开关 (ZCS, ZVS, 图 0.8 和图 0.9)

当一个零电流开关软开通时，如果电感 L_K 足够大，则开关电压很快下降到其导通压降的数值。因此，在电流换流期间，开关损耗几乎是可以完全避免的。换流电感 L_K 决定了电流的上升速度。电流换流过程结束于开关 S_2 的被动关断。因而换流时间 t_K 长于开关的开通时间 t_S 。

一个零电压开关的关断过程始于 S_1 的主动关断。开关的电流逐渐变小，并流进换流电容 C_K 中，意味着电压的换流过程开始。 C_K 较 C_{Kmin} 为大，它在相当程度上影响了电压的上升速度。由于开关电压的上升较缓，损耗得以减小。

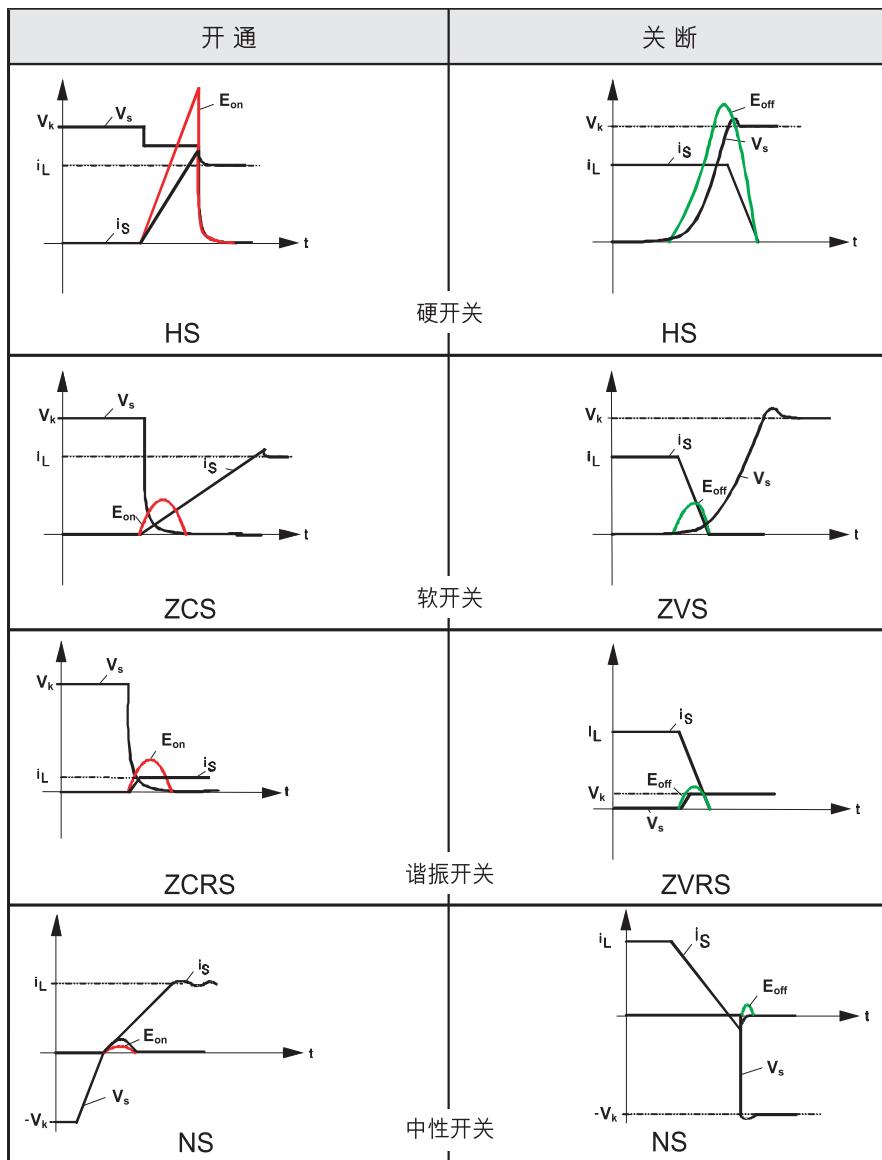
谐振开关 (ZCRS, ZVRS, 图 0.10 和图 0.11)

如果一个零电流开关在电流 i_L 接近零时开始导通，则称之为“零电流谐振开关”。此时的开关损耗比该零电流开关软开通时更低。但因为电流过零点不能由开关主动地决定，所以，系统失去了一个控制自由度。

而一个零电压开关的谐振关断则表现为，在关断过程中，换流电压接近为零。此时的开关损耗比该零电压开关软关断时还要低。但在这里，系统也失去了一个控制自由度。

中性开关 (NS, 图 0.12)

如果开关电压和开关电流在开关瞬间均为零，则称之为中性开关。一般来说，二极管就工作在这种状态下。

图 0.4 开关过程 (v_k 为换流电压, i_L 为负载电流)