

图 3.14 三相交流电机的启动过程 (参数同图 3.13) [194]

3.2.3 评估温度特性对于模块寿命的影响

当开关频率低于约 3kHz 时, IGBT 功耗的波动不再能够被芯片的动态热抗所吸收, 从而导致模块温度的波动 (见 3.2.2 节)。

正如在 1.4.2.4 节中所指出过的, 当功率模块的温度发生变化时, 它所有的内部连接会产生老化现象。老化的原因在于相邻两种材料的热膨胀系数不同, 它们之间的热应力直接导致了疲劳现象。

因此, 在系统的散热设计中检查芯片的温度波动是非常重要的。在周期性负载作用时 (开关频率、基波频率、周期性负载), 芯片温度的循环次数应该保证不低于所要求的数目。所以在此情况下, 不是芯片的最高允许结温 T_{jmax} , 而是在周期性负载时的芯片温差 $\Delta T_j = T_{jmax} - T_{jmin}$ 决定了功率模块的最大功耗。

可能达到的负载循环次数 n 与温度变化幅度 ΔT_j 之间的关系取决于很多因素。相应的测量需要大量的时间和花费, 见 2.7 章和 [231]。

在主动的功率循环试验中, 功率模块的寿命不仅仅取决于温差 ΔT_j , 而且也和测试过程中的平均温度 T_m 有关。LESIT 研究项目的结果清楚地证实了这一点 [303]。

图 3.15 显示了出自 LESIT 项目的功率模块寿命图, 其中用于测试的模块来自不同的制造商。SEMİKRON 对其中部分参数作了相应的调整。这个系列测试的结果反映了当时 (1995年) 的制造水平。时至今日, 通过不断改善焊

接工艺和优化键接过程, 模块的寿命又有了新的提高。例如, 现在在 $\Delta T = 100^\circ\text{C}$ 和 $T_{j,\min} = 40^\circ\text{C}$ 的条件下, 已经可以达到 20000 次的循环次数。目前, 更新的 SEMIKRON 功率模块寿命曲线正在准备中。

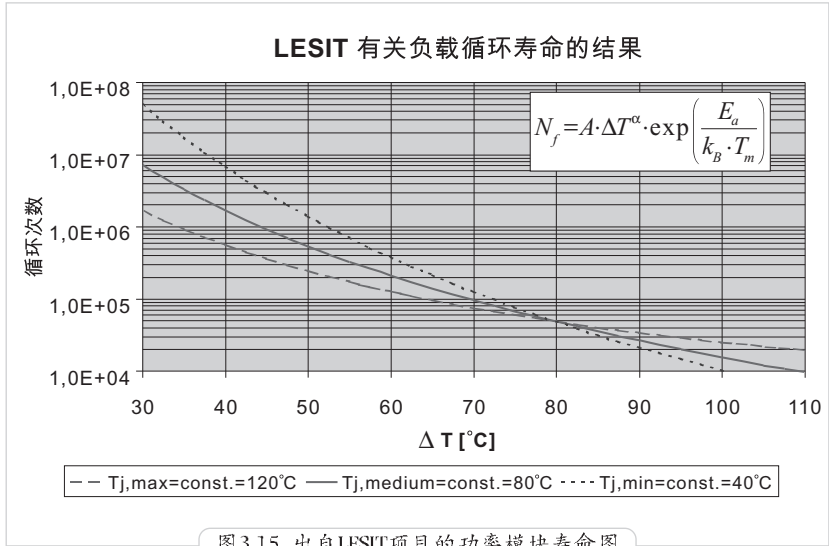


图 3.15 出自 LESIT 项目的功率模块寿命图

3.3 功率模块的冷却

3.3.1 冷却装置、冷却介质和冷却方法

功率模块的通态损耗、开关损耗、截止损耗等所产生的温升需由散热器来降低。散热器的作用是增加功率模块的传热和辐射面积、扩张热流以及缓冲传热过渡过程。

基于模块的绝缘性能, 一个系统的所有功率模块都可安装在一块共同的散热器上。该散热器同时还可当作结构部件, 实现其它的功能(外壳、底座等)。

散热器的散热过程为: 通过直接传导或借助于传热介质将热量传递到冷却介质。

传热介质可以是空气、水或者(在极少数情况下)绝缘油, 通过其自身的重力或通过风扇以及泵来实现循环过程。

冷却介质可以是自然或被强制流动的空气、水及其混合液。