

## 大功率高压变频器的散热分析

变频器是利用电力半导体器件的通断作用将工频电源变换为另一频率的电能控制装置。随着现代电力电子技术和微电子技术的迅猛发展，高压大功率变频调速装置不断地成熟起来，原来一直难于解决的高压问题，近年来通过器件串联或单元串联得到了很好的解决。

变频器在高温下的注意事项：

- 1、认真监视并记录变频机器人界面上的各显示参数，发现异常应即时反映
- 2、认真监视并记录变频室的环境温度，环境温度应在 $-5^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 之间。移相变压器的温升不能超过 $130^{\circ}\text{C}$
- 3、夏季温度较高时，应加强变频器安装场地的通风散热。确保周围空气中不含有过量的尘埃，酸、盐、腐蚀性及爆炸性气体
- 4、夏季是多雨季节，应防止雨水进入变频器内部（例如雨水顺风道出风口进入）
- 5、变频器柜门上的过滤网通常每周应清扫一次；如工作环境灰尘较多，清扫间隔还应根据实际情况缩短
- 6、变频器正常运行中，一张标准厚度的A4纸应能牢固的吸附在柜门进风口过滤网上
- 7、变频室必须保持干净整洁，应根据现场实际情况随时清扫。
- 8、变频室的通风、照明必须良好，通风散热设备（空调、通风扇等）能够正常运转。

在大型电力电子设备中，随着温度的增加，失效率也增加，因此大功率高压变频器功率器件的热设计直接关系到设备的可靠性与稳定性。大功率高压变频器往往要求有极高的可靠性，影响电力电子设备失效的主要形式是热失效，据统计，50%以上的电子热失效主要是由于温度超过额定值引起的。从结构设计上来说散热技术是保证设备正常运行的关键环节。由于三环公司高压变频器设备功率大，一般为MW级，在正常工作时，会产生大量的热量。为保证设备的正常工作，把大量的热量散发出去，优化散热与通风方案，进行合理的设计与计算，实现设备的高效散热，对于提高设备的可靠性是十分必要的。

### 散热计算

高压变频器在正常工作时，热量来源主要是隔离变压器、电抗器、功率单元、控制系统等，其中作为主电路电子开关的功率器件的散热、功率单元的散热设计及功率柜的散热与通风设计最为重要。对igbt或igct功率器件来说，其pn结

不得超过 125℃，封装外壳为 85℃。有研究表明，元器件温度波动超过±20℃，其失效率会增大 8 倍。

### 散热设计注意事项

(1) 选用耐热性和热稳定性好的元器件和材料，以提高其允许的工作温度；

(2) 减小设备（器件）内部的发热量。为此，应多选用微功耗器件，如低损耗型 igbt，并在电路设计中尽量减少发热元器件的数量，同时要优化器件的开关频率以减少发热量；

(3) 采用适当的散热方式与用适当的冷却方法，降低环境温度，加快散热速度。

### 排风量计算

在最恶劣环境温度情况下，计算散热器最高温度达到需求时候的最小风速。根据风速按照冗余放大率来确定排风量。排风量的计算公式为： $Q_f = Q / (C_p \rho \Delta T)$

式中：

$Q_f$ : 强迫风冷系统所需提供的风量。

$Q$ : 被冷却设备的总热功耗，

$C_p = 1005 \text{ J} / (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ ：空气比热， $\text{J} / (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

$\rho = 1.11 \text{ (m}^3/\text{kg)}$ ：空气密度，

$\Delta T = 10^\circ\text{C}$ ：进、出口处空气的温差， $^\circ\text{C}$ 。

根据风量和风压确定风机型号，使得风机工作在效率最高点处，即增加了风机寿命又提高了设备的通风效率。

### 风道设计

串联风道是由每个功率模块的散热器上下相对，形成上下对应的风道，其特点由上下多个功率单元形成串联的通路，结构简单，风道垂直使得风阻小；但由于空气从下到上存在依次加热的问题，造成上面的功率单元环境温差小，散热效果差。

并联风道中从每个功率单元的前面进风，对应的进风口并联排列，在后面的风仓中汇总后由风机抽出，同时整个功率柜一般采用冗余的方法，有多个风机并联运行，整体散热效果好，并提高了设备的可靠性。但柜体后面要形成风仓，增大了设备的体积，同时由于各个功率单元后端到风机的距离不同，使得每个功率单元的风流量不一致，是设计的难点。

---

根据串联风道和并联风道的特点，三环公司高压变频器选择并联风道设计，并形成了独有的结构专利技术。

### 仿真分析

利用仿真软件可以在以上各种不同结构及层次上对系统散热、温度场及内部流体运动状态进行高效、准确、简便的定量分析。根据仿真结果，对散热结构进行评估、修改，然后再次仿真，直到得到满足要求的结果。通过这种方式，我们对热失效进行了很好控制，从而大大提高了设备的可靠性和稳定性。

### 结束

变频器是一种使电动机变速运行进而达到节能效果的设备，习惯上把额定电压在 3kV 到 10kV 之间的电动机称为高压电机，因此一般把针对 3kV 至 10kV 高电压环境下运行的电动机而开发的变频器称为高压变频器。与低压变频器相比，高压变频器适用于大功率风电、水泵的变频调速，可以收到显著的节能效果。

OFweek 电子工程网