

浅谈冷却系统对高压变频器的影响

段晓慧

安阳钢铁建设有限责任公司, 河南 安阳 455004

[摘要] 本篇文章主要探讨了冷却系统在高压变频器运行过程中的重要性。首先介绍了高压变频器的工作原理及其在工业领域中的广泛应用, 然后详细分析了冷却系统对高压变频器设备性能、系统可靠性以及使用寿命的影响。通过对不同冷却方式的详细对比, 阐述了针对不同变频器和使用环境选择合适冷却系统的重要性。最后强调了冷却系统的日常点检和系统维护对于确保高压变频器正常运行的必要性。

[关键词] 冷却系统; 散热; 高压变频器

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15572

中图分类号: TM921.5

文献标识码: A

Brief Discussion on the Influence of Cooling System on High-voltage Inverter

DUAN Xiaohui

Anyang Iron & Steel Construction Co., Ltd., Anyang, He'nan, 455004, China

Abstract: This article mainly discusses the importance of cooling systems in the operation of high-voltage frequency converters. Firstly, the working principle of high-voltage frequency converters and their wide application in the industrial field were introduced. Then, the impact of cooling systems on the performance, system reliability, and service life of high-voltage frequency converters was analyzed in detail. By comparing different cooling methods in detail, the importance of selecting suitable cooling systems for different frequency converters and usage environments is explained. Finally, it emphasized the necessity of daily inspection and system maintenance of the cooling system to ensure the normal operation of the high-voltage inverter.

Keywords: cooling system; dissipate heat; high-voltage inverter

引言

高压变频器作为现代化工业领域一种非常重要的大型电力电子设备, 广泛应用于冶金制造、化工生产、电力设施、各类矿山等不同领域。它可以实现高压电机的变频启动和调速运行, 在启动过程和运行过程中减少对电网的干扰和电机的损坏, 而且提高了生产效率、降低了能源消耗、改善了工艺质量。但是高压变频器在运行过程中会产生大量的热量, 如果不采取有效措施将热量快速散发出去, 将会导致设备温度升高, 从而影响其设备性能、系统可靠性和使用寿命。因此, 冷却系统对于高压变频器的正常运行至关重要。

1 高压变频器的工作原理及散热需求

1.1 高压变频器的工作原理

高压变频器的功率单元分为数量相同的三组, 组内串联。电网高压电经过移相变压器分组输出多路具有相位差的低压电源, 为内部功率单元供电。功率单元经过整流后, 单相 PWM 逆变输出电压、频率可调的交流电。每组功率单元级间串联, 形成多阶梯 PWM 电压输出, 直接提供高压电动机所需电源。高压变频器采用的多脉冲整流技术降低了输入侧谐波, 减小了对电网侧的谐波污染, 提高了功率因数。且输出为多电平形式, 波形接近正弦波, 极大的减小了电动机转矩脉动。主控制部分和单元控制部分的控制信号通过光纤进行信号传输, 有效避免电磁干扰, 保证系统控制信号传输的可靠性。高压变频器通过 IGBT 将交流电

转换为直流电, 再将直流电转换为频率和电压可调的交流电, 从而实现对电动机的调速控制。在这个过程中, 各种电力电子器件会产生大量的热量, 这些热量主要来源于器件的导通损耗和开关损耗。

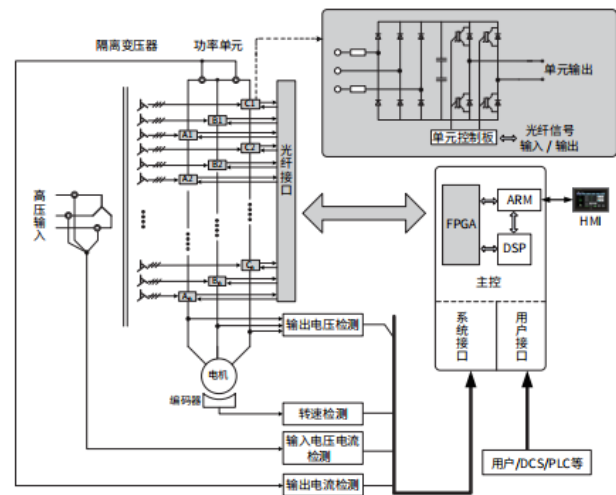


图 1 高压变频器工作原理图

1.2 高压变频器的散热需求

高压变频器属于大型电力电子设备, 对环境要求比较严格, 据统计由于现场环境温度过高导致的变频器故障比例很大。为了保证高压变频器能够正常运行, 必须将其产

生的热量及时有效地散发出去,使设备的环境温度保持在允许的正常范围内。根据高压变频器的功率大小和工作环境的不同,其散热方式也有所不同。一般来说,高压变频器的散热方式主要有加装空调、加装风道和空水冷等方式。

2 冷却系统对高压变频器性能的影响

2.1 对功率单元的影响

高压变频器的主要部件就是堆放在一起的三相串联功率单元,也是高压变频器主要的散热源,冷却系统的性能直接影响到高压变频器功率单元的正常温度。在运行中如果功率单元的温度过高,将会导致其性能下降,甚至损坏,严重时容易发生爆炸。内部 IGBT 的温度每升高 10°C ,其使用寿命将会缩短一半左右。因此,为了保证高压变频器功率单元的正常,现场必须采取有效的冷却系统,将其温度控制在允许的范围内,以保证其正常工作。

2.2 对控制系统的影响

高压变频器控制系统由多种不同的集成电路板组成,通过导线连接,更有无数个其他电器元件,主要包括主控模块、低压配电、接口组件等,控制系统每一个部分都有不同程度的发热。冷却系统是否有效还会影响到高压变频器控制系统运行的稳定性和可靠性。如果控制系统的温度过高,没有及时进行散热,将会导致其电子元件的性能下降或者损坏,从而影响到系统的控制精度和响应速度,高压变频器的失控会导致严重的后果。此外,过高的温度还会导致控制系统的电路板变形、焊点开裂等问题,从而影响到系统运行的可靠性和安全性。

3 冷却系统对高压变频器可靠性的影响

3.1 对绝缘性能的影响

高压变频器内部有大量绝缘材料,这些材料如果长期在高温环境下使用,会导致绝缘材料加速老化、变质,从而降低其绝缘性能。冷却系统是否有效会直接影响到高压变频器的绝缘性能。如果冷却系统的散热效果不好,将会导致设备内部的温度升高,影响绝缘材料的正常性能。此外,过高的工作温度还会导致绝缘材料的膨胀系数增大,从而使绝缘间隙变小,增加了绝缘击穿的风险,存在巨大的设备隐患和安全隐患。

3.2 对电磁兼容性的影响

高压变频器内部有大量的电磁器件,通过电磁感应来正常工作,如何做到防止各部件之间相互电磁干扰是设计重点。冷却系统是否有效同样影响到高压变频器的电磁兼容性和抗干扰性。如果冷却系统的设计不合理,将会导致设备内部的电磁干扰增大,从而影响到设备的正常运行。例如,柜顶冷却风扇的转动会产生电磁干扰,如果不采取有效的屏蔽措施,将会对设备的控制系统和其他电子设备造成严重的电磁干扰。

4 冷却系统对高压变频器寿命的影响

4.1 对功率单元寿命的影响

一般高压变频器内有十几个到几十个功率单元,功率单元内部又是由多个 IGBT 组成,如果功率单元故障,负载

将无法正常运行,冷却系统的性能直接影响到高压变频器功率单元的使用寿命。之前说过 IGBT 的温度每升高 10°C ,其使用寿命将会缩短一半左右。因此,为了延长功率单元的使用寿命,必须采用有效且可靠的冷却系统,将其温度控制在允许的范围内。

4.2 对其他部件寿命的影响

冷却系统性能的好坏还会影响到高压变频器其他组成部件的使用寿命。例如,柜顶冷却风扇、水泵电机、管道组件等部件在长期运行过程中会受到磨损和腐蚀,如果不及进行维护和更换,将会导致其使用性能下降,从而影响到整个冷却系统的散热效果。此外,过高的温度还会加快电容、电阻等部件的老化和变质,从而影响到冷却系统自身设备的工作性能和使用寿命。

5 不同冷却方式的对比

5.1 加装风道的冷却方式

在变频器柜顶加装风道即风冷,是一种常用的冷却方式,由变频器室进风口不断补充冷空气,通过风扇将冷空气吹过散热器,将各部件产生的大量热量带走,从而对高压变频器系统进行降温和冷却。风冷的优点是成本低、可靠性高、散热效果良好,但是加装风道适用于现场环境比较清洁、功率较小的高压变频器,不适用于现场环境恶劣和功率较大的高压变频器。

5.2 空水冷的冷却方式

水冷是一种非常高效的冷却方式,它通过水泵系统将冷却水循环流过散热器,从而将热量带走。变频器的热风经过风道直接由空冷装置进行热交换,由冷却水将变频器散发的热量带走,经过降温的冷风直接排回至室内。空冷装置内的冷水温度一般低于 33°C ,即可以保证热风经过散热片后,将变频器室内的环境温度控制在 40°C 以下,满足变频器对环境运行的要求,从而保证了变频器室内良好的运行环境。冷却水系统与循环风系统完全分离,水路管道在变频室外与高压设备完全分离,确保高压设备不会受到防水性、绝缘性等损坏后的安全威胁和事故。同时,由于高压变频器室环境密闭,变频器利用室内的循环风进行设备冷却,具有粉尘度低,维护量小的特点,减少了环境对变频器功率单元柜、控制柜运行稳定性的不利影响。空水冷却系统结构原理图如下:

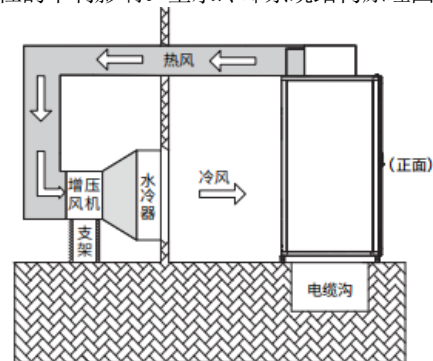


图2 空水冷却系统结构原理图

空水冷的优点是散热效率高、可靠性高,适用于功率

较大的高压变频器。但是,空水冷的结构复杂、施工成本高、维护难度大,需要配备专门的冷却水系统。使用空水冷系统进行高压变频器冷却的方法受到多个方面的条件限制,必须满足以下条件才可以选择空水冷系统进行冷却:

(1)变频器现场必须有温度、压力、流量符合要求的工业水,水温 $\leq 33^{\circ}\text{C}$,入口水压在 $0.25\sim 0.55\text{MPa}$ 之间,回水压降 $\leq 0.1\text{MPa}$ 。变频器空·水冷却系统需要的循环冷却水量为:发热功率(kW):冷却水流量(m^3/h)=4:1(单套空·水冷却系统)。

(2)需要为变频器配备独立的密闭式站所,且站所具有 10cm 以上的保温层或隔热措施。

(3)站所内净高度不小于 3.5m ;在房屋的长度方向前或后部具有与房屋长度相当,宽度不小于 2.0m 的施工和安装场地。

(4)空水冷现场必须提供两路三相交流 380VAC 电源,变频器室的电源需求容量为 6kW 。

(5)冷却水水质必须保证无悬浮物沉积,PH值偏碱性 ≥ 7.2 。

5.3 加装空调的冷却方式

加装空调的意思就是将高压变频器设备放置于一个比较封闭的房间内,然后在房间内安装空调,通过空调内部的循环将高压变频器产生的热量排到室外。选择空调时要考虑和计算变频器的发热量以及在不同频率运行时的发热效率等问题。变频器发热需要根据运行工况选择,考虑一定的裕量,最大发热量为变频器额定功率的 4% ,变频器发热量选择为实际输出平均功率的 3.5% ,如果高压变频器长期运行频率低于 40Hz ,则发热量可按照变频器额定功率的 2% 进行估算。按照房间实用面积计算空间单独空间制冷所需的空调容量,一般每平方米可以按照 0.15KW 计算(环境温度低于 40°C 可以忽略此项)。空调总体的制冷量应为变频器的发热量加上空间制冷所需的制冷量。加装空调冷却是一种新型的冷却方式,它通过空调的正常工作将热量排出高压变频器室,从而实现散热。加装空调冷却的优点是由于没有室内外空气的直接流通,对于室内环境的清洁保护非常明显,而且增加变频器使用寿命,维护成本小。维护率降低。

6 冷却系统的维护和管理

6.1 定期检查和维护

为了确保冷却系统的正常运行,工作人员必须定期对其进行详细检查和系统维护。检查项目包含冷却风扇、水泵、阀门、管道、空调、滤网、散热器等部件的运行情况,定期清洗高压变频器功率单元柜门上的滤网,及时清理散

热器表面的积灰和各种杂物,确保冷却系统的散热效果良好。除此之外,工作人员还需要检查冷却塔内冷却水的水质和水位,及时清理冷却塔内的淤泥,防止冷却管道堵塞,必要时及时更换冷却水,确保冷却水的流动效果及冷却效果。

6.2 加强散热管理

为了提高冷却系统的散热效率,必须加强对散热系统的日常管理。设计的设备风道和散热器必须符合现场特点,一定要合理散热,确保空气流通顺畅,达到提高散热效果。在高压变频器室增加温度计和湿度计,以此直观的观察环境温度,根据变化趋势,采取必要的防范措施。此外,还应该在高压变频器室常备轴流风机,目的是在冷却系统突发故障时可以有效采取应急模式,给高压变频器进行应急降温。还可以采用强制风冷、水冷等方式,提高散热效率。

6.3 控制环境温度

为了保证高压变频器的正常工作,必须对其工作环境温度进行有效控制。尽量将高压变频器安装在通风良好、温度适宜的配电室内,避免设备受到阳光直射和高温环境的影响,以及现场做好防尘,环境清洁。此外,还可以采用其他设备对高压变频器室进行环境温度控制,以此来调节高压变频器的工作环境温度达到最优。

7 结束语

冷却系统是否正常、是否有效,对高压变频器正常运行的影响至关重要。它不仅影响到高压变频器的工作性能、设备可靠性和使用寿命,还影响到其电磁兼容性、系统抗干扰性和线路绝缘性是否良好。因此,在前期设计和选择高压变频器时,必须充分考虑冷却系统的因素,选择最合适的冷却方式和冷却系统,是高压变频器能否正常运行的基本条件。同时,还需要加强冷却系统的日常维护和系统管理,确保所有设备都能够正常运行,从而提高高压变频器的系统可靠性和使用寿命。

[参考文献]

- [1]李猛.高压变频器散热与冷却系统的设计[J].自动化应用,2015(12):171-173.
- [2]董赫伦.高压变频器的散热器选择与性能研究[D].辽宁:辽宁工程技术大学,2012.
- [3]王永鑫.中高压变频器冷却方式方案比较和选型分析[J].电气传动自动化,2015(3):47-51.
- [4]夏俊利.高压大功率变频器的两种冷却方式比较[J].华北电力技术,2009(8):52-54.

作者简介:段晓慧(1983.2—),女,毕业于北京科技大学,机械工程及自动化专业,就职于安阳钢铁建设有限责任公司,现为电气中级工程师。