

高压变频器在电厂中的应用

邹方栋

(国电蚌埠发电有限公司,安徽蚌埠 233000)

摘要 介绍了国电蚌埠发电有限公司 $2 \times 600\text{MW}$ 火力发电机组锅炉送风机、引风机,汽机凝结水泵、闭式水泵进行变频器改造的情况,对变频调速的节能原理,节能效果进行分析,阐述了高压变频器用于火电厂辅机上的节能效果。

关键词 变频调速 工频 风机 水泵 节能

1 前言

国电蚌埠发电厂 $2 \times 600\text{MW}$ 超临界凝汽式燃煤发电机组,于2009年全部建成投产。在建设期,公司采用优化设计,投产后又积极优化运行方式,努力挖掘节能潜力,公司先后对汽机凝结水泵、闭式水泵、锅炉引风机、送风机进行了变频改造,节能效果显著。

2 高压变频器的应用

a. 对汽机凝结水泵的变频改造。每台机组有A、B两台凝结水泵,各配有一台6kV的高压电动机,额定容量2100kW,额定电流252.9A。双投产二个月对凝结水泵进行变频改造,每台机组增设一台高压变频器。采用一拖二方式,即A、B两台凝泵共用一台变频器,每台凝泵都有两路电源即工频电源和变频电源。正常时A凝泵变频运行,B凝泵为工频备用;或B凝泵变频运行,A凝泵为工频备用。变频器低压侧的两个开关不能同时运行,同一台泵的工频和变频电源开关也不允许同时运行,它们之间采用开关辅助节点来相互闭锁。该变频器为广东明阳龙源电力电子有限公司生产的MLVERT-D系列高压变频器。

b. 对汽机闭式水泵进行变频改造。每台机组有A、B两台闭式水泵,各配有一台6kV的高压电动机,额定容量355kW,额定电流42.3A。2010年1月完成对两台机组的一台泵即B闭式泵变频器改造。在6kV电源开关与B泵之间加装变频器,整套变频装置配备非自动旁路装置,用于变频器检修时B泵可切至工频电源。正常时采用B闭式泵变频运行,A闭式泵工频备用的运行方式。该变频器为北京合康亿盛科

技有限公司的产品HIVERT系列高压变频器。

c. 对锅炉送、引风机进行变频改造。每台机组有A、B送风机两台,A、B引风机两台。每台送风机配有一台6kV的高压电动机,额定容量1500kW,额定电流176A。每台引风机配有一台6kV的高压电动机,额定容量2650kW,额定电流321.4A。2010年5月完成1号、2号锅炉送、引风机共八台辅机的变频改造。在6kV电源开关与风机之间加装变频器,整套变频装置还配备自动旁路装置,采用一台变频器拖动一台风机的自动切换方案,当变频器故障时可自动切换至工频运行。该变频器为西门子(上海)电气传动设备有限公司生产的空冷型完美无谐波系列新一代控制NBH高压变频器。

无论是凝泵的MLVERT-D系列高压变频器,闭式泵的HIVERT系列高压变频器,还是送、引风机的新一代控制NBH高压变频器,它们都有共同的特点,即变频器输入侧通过隔离变副边绕组移相,具有中性点漂移功能、提供高功率因数和接近完美的正弦波输出等优点。

3 变频节能原理分析

水泵的工作介质为液体,风机的工作介质为气体,液体和气体均为流体介质,流体介质的工作设备,特别是离心式风机及水泵,有相同的工作特性。在此以风机为例说明其工作和节能原理。见图1。

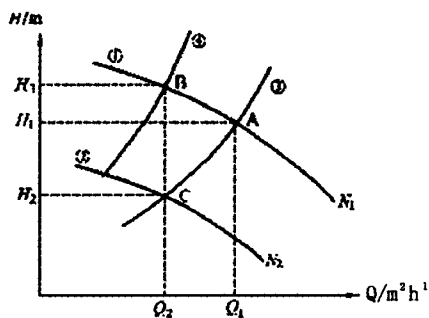


图1 风机的工作特性图

注:Q 为风量,H 为风压,①为风机按转速 N_1 工作时的特性曲线,②为风机按转速 N_2 工作时的特性曲线,③和④为风道阻力曲线。

假设负荷在某一工况时,风机工作在 A 点,对应风量为 Q_1 ,风压为 H_1 。当负荷降至另一工况时,如果风机速度 N_1 不变,用挡板调节风量,将风量由 Q_1 降至 Q_2 ,风机工作点由 A 移至 B,对应的压力由 H_1 升至 H_3 。A 与 B 两点相比,风量虽下降,风压却上升。A 点的轴功率 $PA = H_1 \times Q_1$,B 点的轴功率 $PB = H_3 \times Q_2$,A、B 两点的轴功率近乎相等。由于挡板的截流作用,风道阻力曲线由③变为④。可见,传统的调节方式即转速不变的情况下,通过调节入口或出口的挡板阀门开度来调节风量、水量,大量的能量损耗在挡板阀门的截流过程中。

如果不采用挡板调节,则风道阻力特性保持曲线③不变,若改用调节风机速度来减小风量,则风机变为 N_2 速度运行,对应工作特性为曲线②。当负荷在上述相同的负荷变化工况下,风量由 Q_1 降至 Q_2 ,风机工作点由 A 点移至 C 点,对应的压力由 H_1 降至 H_2 。C 与 B 两点相比,风量不变,压力减小,风机减少的轴功率为 $\Delta P = P_B - P_C = (H_3 - H_2) \times Q_2$ 。

在风道阻力特性不变的情况下,离心式风机的风量 Q、压力 H、轴功率 P 和转速 N 之间满足如下关系: $Q \propto N, H \propto N^2, P \propto N^3$ 。由于轴功率与转速大致成立立方关系,因此当转速下降时,消耗的功率大大下降。

所以变频改造后,在挡板阀门全开的情况下,通过调节电机的转速来实现风量、水量的控制,能达到节能目的。

4 节能分析

表 1 是凝结水泵、闭式水泵和送风机的实时运行数据,通过比较变频器改造前后的辅机运行数据,分析其节能效果。

表 1 2 号机 A 凝结水泵变频改造前后对比表

机组负荷 (MW)	工频运行 电流(A)有功(kW)	变频运行 电流(A)有功(kW)	变频改造后 节能比例
580	136 1260	84 855	32.1%
470	135 1259	61 616	50.0%
373	136 1260	35 368	70.7%

注:工频/变频运行电流、有功功率均为 DCS 上的实时数据

表 2 1 号机 B 闭式水泵变频改造前后对比表

机组负荷 (MW)	工频运行 电流(A)有功(kW)	变频运行 电流(A)有功(kW)	变频改造后 节能比例
595	32 277	24.8 258	6.8%
470	30.6 267	16 163	38.9%
375	30.2 267	15.2 155	41.9%

注:工频/变频运行电流、有功功率均为 DCS 上的实时数据

表 3 1 号炉 A 送风机变频改造前后对比表

机组负荷 (MW)	工频运行 电流(A)有功(kW)	变频运行 电流(A)有功(kW)	变频改造后 节能比例
595	80 580	49 510	12.0%
540	71 436	34 356	18.3%
370	62 300	14 153	49.0%

注:工频/变频运行电流、有功功率均为 DCS 上的实时数据

发电厂凝结水泵的作用是在机组运行将凝结水打给除氧器,通过调整来确保机组负荷变化时除氧器的水位维持在某一范围内。由表 1 知,工频运行时凝泵的电流变化不大,但变频运行时,在相同的负荷下,与工频相比凝泵所耗的电流和功率小好多。

闭式水泵的作用是给发电机组各系统提供闭式冷却水,被冷却的介质温度随负荷变化不大,只要冷却水的压力能满足要求,冷却水调节阀通常放在某一固定位置即可。由表 2 知,工频运行时闭式水泵的电流和功率几乎不随机组负荷变化。但变频运行时,在相同负荷且能满足冷却水压力的条件下,闭式泵的电流和功率比工频运行小。

送风机的作用主要是给锅炉提供风量和氧量,运行时随着负荷的变化自动调整风量和氧量。由表 3 知,工频运行时,送风机的电流和功率随负荷变化不大,但变频运行时,送风机的电流和功率变化较大。

上述三种辅机的共同特点:工频运行时,辅机的电流和功率随负荷变化不大,但变频运行时,负荷越低,辅机电流越少,消耗的功率越低,节能效果越明显。即使在机组满负荷的情况下,辅机消耗的电能仍然比工频运行采用阀门调节时所耗的电能低。

(下转第 39 页)

7 结束语

高压缸预暖的使用不当造成低于低压脆性转变温度冲车、转子与汽缸膨胀不同步和高压内缸暖缸效果不好,投入高压缸预暖,使高压内缸上半内壁金属温度 $>150^{\circ}\text{C}$ 并维持足够的暖缸时间后再进行冲车就可以克服冲车过程中振动大、启动时间长的问题。

缸体变形的原因是内外缸温差大,内外缸温差大的原因是夹层空间没有疏水、投入夹层后夹层空间温度提升很慢,采取对策是在投入夹层前先利用与凝汽器相连的夹层联箱疏水管对夹层空间进行疏水,利用倒暖蒸汽对夹层空间进行预暖,改变夹层空

间加热的传热方式,从而较快的提升夹层空间温度,消除缸体变形,同时也消除了高压缸左右法兰温差大,避免高压隔板再次被冲刷。

参考文献

1. 彭金宝,李振宁,等. 300MW 机组集控运行规程. 三河发电有限责任公司,2007
2. 杨树旺,张新元,等. 汽机设备说明书. 三河发电有限责任公司,2007
3. 孙日泰,李贵春,等. 三河电厂二期工程调试报告. 华北电力科学研究院,2007
4. 华东电业管理局. 汽轮机运行技术问答. 中国电力出版社. 1997

(上接第 31 页)

的测试误差。在现场中经常遇到对一相绕组或整个线圈重新测试的情况,结果可能是两次测试结果不一致,或一次比一次大。在这种情况下极有可能出现在电势补偿上。原因是上次测试后,并未完全充分放电,RH 上流有放电电流,这时我们调整“电势补偿”旋钮来补偿是一个动态衰减的过程;我们仅仅是瞬时补偿合格便启动测试,并不是最后稳定的极化电势补偿。随着新一轮充电电流的覆盖和原来极化的稳定,必将出现原来“过补偿”。这就是测试没有经充分放电造成的测试结果一次比一次高的原因。

最新型的 ZCD2051 系列除了具备 RH “有源衡

阻抗”外,还具备极化电势补偿稳定监视功能,即处于动态调整过程会给出提示,即使启动测试键也不进入测试。对测试中的所有异常均以汉字提示,基本实现了智能化测试。

4 结束语

对于水内冷机组绝缘的测试,一定要根据水内冷机组的特点,了解影响准确度的因素,并采取行之有效的措施,才能准确测量出真实的绝缘状况。

(上接第 33 页)

5 结束语

高压变频器用于火电厂辅机调节后,提高了机组自动化水平和生产效率,提高了机组运行的稳定性和供电的可靠性,节约厂用电,为企业带来较大的经济效益。

参考文献

1. 空冷型完美无谐波系列新一代控制 NBH 高压变频器用户手册. 西门子(上海)电气传动设备有限公司
2. 张燕侠. 主编《流体力学 泵与风机》. 中国电力出版社,2007 年
3. 《集控运行规程》. 国电蚌埠发电有限公司. 2008 年