

高压变频器在锅炉引风机上的应用

陈文刚 汪 栓

(山东电力工程咨询院有限公司 山东 济南 250100)

【摘要】本文介绍了高压交流变频器的系统构成及性能,分析了锅炉引风机变频改造后在运行调整和节能方面的良好经济效益,对由变频器运行可靠性带来的问题进行了剖析,并提出了改进措施。

【关键词】高压变频器;软启动;旁路运行;节能

0.引言

某电厂锅炉引风机变频改造前由 Y800-2-B 型高压异步电动机驱动,额定容量 1400KW。当电机以恒速(740rpm)运行时,炉膛负压的调节方式通过操纵引风机进口导向挡板,改变其开度,达到调节风量稳定锅炉燃烧的目的。风量完全依靠挡风板来调节,风量减少但阻力增加,便会造成大量的能源浪费,尤其低负荷运行时损失更为严重。另外挡板在调节过程中线性度差,反应较迟钝,易使炉膛负压大幅波动。炉膛负压过大,会使漏风加大;负压过小,则高温烟气及烟灰就要向外冒,不但污染环境,还可能造成人身事故。为了节能降耗,改善引风机的运行状况,电厂先后对 #1、2 锅炉的引风机进行了变频改造。

1.完美无谐波变频器的基本构成及性能介绍

1.1 系统构成

完美无谐波变频器主要由进线隔离变压器、功率单元、控制系统和人机界面系统构成,下面介绍一下功率单元回路。

由于采用多重化技术从根本上解决了一般 6 脉冲和 12 脉冲变频器所产生的谐波问题,实现完美无谐波变频。6.6KV 完美无谐波变频器的主电路联结图,如图 1 所示。

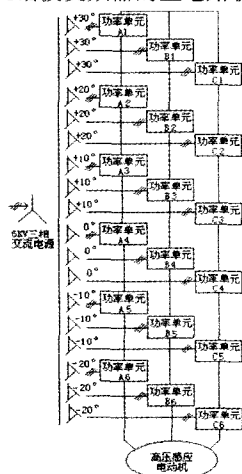


图 1 主电路联接

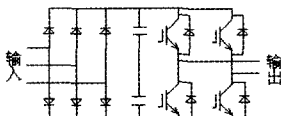


图 2 功率单元主电路

电动机的每相由六个低压 PWM 功率单元串联进行驱动,串联方式采用星型接法,中线浮空。每个单元由隔离变压器的隔离次级线圈供电,用高速微处理器实现控制和以光导纤维隔离驱动。十八个次级线圈的额定电压均为 630V AC,功率为总功率的 1/18。采用功率单元串联,解决了传统器件串联来实现高压输出时存在的器件均压问题。每个功率单元承受全部输出电流,但仅承受 1/6 的输出相电压和 1/18 的输出功率。

隔离变压器次级线圈在绕制时相互间产生一定的相位差,(变压器相移=60°/每相单元数 6=10°)这基本上消除了每个功率单元引起的谐波电流,初级电流近似为正弦波,功率因

数能较高,满载时可到达 95%。由于 IGBT 驱动功率很低,且不必采用均压电路、吸收电路和输出滤波器,使变频器的效率高 96% 以上。

每个功率单元都是一个标准的 PWM(脉宽调制)静态变频器,输入为 50Hz、630V 的三相交流电源,输出为变压(最高 630V AC)、变频(最高 120Hz)单相电源。功率单元主电路见图 2。由 630V AC 次级供电的三相二级管整流器将电容器充电至 900V DC,该电压提供给由 IGBT 组成的单相 H 桥式逆变电路。每个功率单元有三种可能的输出电压:±900V 和 0V,6 个功率单元串联时可提供 13 个电压等级的相电压,(±5400V、±4500V、±3600V、±2700V、±1800V、±900V 和 0V)使得变频器能产生接近正弦波的输出波形。

1.2 系统特性

完美无谐波交流变频器可给电机提供变频、变压工频电源从而改变电机速度,该变换是电子式的。与其他变频器相比具有如下主要优点:

1.2.1 输入特性纯净

该变频器符合最严格的电压、电流谐波畸变标准 IEEE 519 1992 的要求,即使在输入电源容量小于变频器额定容量时也能满足。对工厂配电系统不产生明显谐波畸变,无需电源滤波器。

1.2.2 功率因数高

功率因数可衡量向负载提供实际功率的电流分量,使得在整个调速范围无须使用外部功率因数补偿电容即可使功率因数达 95% 以上。

1.2.3 几乎完美的正弦波输出

变频器不仅消除了有害谐波引起的电机发热问题,即使在低速范围引发的转矩脉动也被消除,降低了机械设备的应力,共模电压和 dv/dt 产生的应力也减至最小。

2.变频器在引风机调速运行中的节能效果

2.1 间接经济效益

2.1.1 软启动

变频器改造后可以实现软启动,能够有效地减小电机启动时的启动电流,大大缩短启动电流对电机的冲击时间,减小启动电流对厂用电源的影响。另外还能减轻传动系统的启动冲击,消除电机启动时产生的振动,从而达到节约电能并延长电机的工作寿命的效果。

2.1.2 调节特性

变频器改造后炉膛负压的调节方式为,将原有的风门挡板开至最大,通过变频器调节电机的转速即直接调节引风量来实现锅炉负压的调节控制,既能满足生产要求,又能达到节电和节省燃料的目的。与通过改变引风机进口导向挡板来调节炉膛负压相比,变频调节线性度好,调节灵敏,调节过程中炉膛负压变化平稳;避免了挡板调节过程中存在滞后,线性度差,造成炉膛负压波动较大的不利情况。变频调速使风机运行

作者简介:陈文刚,工程师,毕业后一直在胜利发电厂从事电气设备运行管理工作,09 年加入国家核电山东电力工程咨询院有限公司,从事电站设备物资采购及质量监造管理工作。

汪栓,工程师,毕业后一直从事锅炉设备设计工作,08 年加入国家核电山东电力工程咨询院有限公司从事电力设备物资采购及质量管理工作。

中的转速下降,减轻了风机高速运转下飞灰对风机叶片的磨损,延长风机叶片、轴瓦等使用寿命,并降低了风机的维护量及费用。

2.2 直接经济效益

锅炉引风机改变变频器运行后,不但实现了软启动,使引风量的调节更加快捷、平稳,直接经济效益更加显著。下面通过计算法和试验法对节能效益进行分析:

2.2.1 计算法

#1 炉引风机在变频改造前后各运行参数情况如表 1 所示。为了便于比较,表 1 中所示各参数是锅炉在不同负荷下甲乙两台引风机各参数的平均值,当然由于煤质、天气情况等方面的原因上述各参数会略有改变。由引风机电机电流不难看出引风机变频调速后节能效果显著,由于该电厂两台机组全年负荷率较高,下面以 190MW 负荷时的引风机电机电流为例计算一下节能情况(引风机改变变频前电机的功率因数按 0.85 计算,改变变频后的功率因数按 0.95 计算):

表 1 #1 炉引风机在变频改造前后各运行参数比较表

参数 负荷	引风机电流(A)		引风机转速 rpm		引风挡板开度%	
	改造前	改造后	改造前	改造后	改造前	改造后
200MW	128	78	740	632	39	100
195MW	128	71	740	611	40	100
190MW	127	68	740	599	36	100
185MW	124	66	740	595	33	100
180MW	124	66	740	596	32	100

每小时节电量为: $1.732 \times 6000 \times (127 \times 0.85 - 68 \times 0.95) \div 1000 = 450.5 \text{Kwh}$

引风机每年按运行 7400 小时计算,在理想情况下,每台引风机可年节电量: $450.5 \times 7400 = 3333700 \text{Kwh}$

上网电价按 0.32 元/Kwh 计算,可年节电费 $0.32 \times 3333700 = 1066784$ 元

2.2.2 试验法

通过电能表计量引风机变频改造前后的用电量,对节能情况进行比较。

表 2 改造前后 #2 机组发电量及引风机

用电量情况统计表(单位:Kwh)

项目 日期	变频器改造前(2006年)			变频器改造后(2007年)		
	发电量	甲吸用电量	乙吸用电量	发电量	甲吸用电量	乙吸用电量
5月17日	3889630	22140	24840	4638060	17280	16560
5月18日	4093740	24228	25452	4944240	17676	16785
5月19日	3976560	24012	25128	4294080	17928	17967
5月20日	4127760	24660	25740	4600260	17856	18901
5月21日	4173120	24660	25560	4600262	17496	14832
5月22日	4120200	24120	25560	4592700	17712	19296
总计	24381000	143820	152280	27669602	105948	104341

表 3 改造前后 #2 机组发电量及引风机用电率对比

项目	发电量(KWH)	引风机用电量(KWH)	引风机用电率
2006年	24381000	296100	1.2145%
2007年	27669602	210289	0.76%

年节电量计算:

以 #2 机组引风机变频改造前后引风机用电率的差值作为节电率,#2 机组的年发电量按 14 亿 Kwh 计算,每台引风机年节电量为:

$$1400000000 \times (1.2145\% - 0.76\%) \div 2 = 3181500 \text{Kwh}$$

上网电价按 0.32 元/Kwh 计算,可年节电费 $0.32 \times$

$3181500 = 1018080$ 元

由分析知,改变变频运行后每台引风机年节电费均在百万元左右,虽然两种方法均有其片面性,不十分准确,但引风机改变变频运行后的节能效果是显著的。如考虑到夏季由于天气炎热,在相同的机组负荷情况下,锅炉为满足氧量的需求,送风机及引风机的出力基本达到最大,此时引风机改变变频后的节能要少些等特殊情况下,估计每台引风机改变变频运行后的年节电费也在 80 万元以上。

3. 变频器运行中存在的问题和措施

3.1 运行中存在的问题

风机变频改造后调速性能和节能效果显著,但由于其可靠性稍差,也给我们带来一些不利影响。表 4 为变频器故障引起的锅炉单风机运行情况统计表。

表 4 变频器故障引起的锅炉单风机运行情况统计表

时间	变频器故障经过	故障显示	处理	后果
2006 05.13	16 时 12 分 #2 炉甲引风机变频器故障掉闸联掉甲送风机,负荷由 190MW 降至 100MW。	显示"单元超温"信息,可复归。	17 时 30 分处理好,开启正常。	少发电约 11 万 KWh,烧油约 10 吨。
2006 07.28	15 时 52 分 #2 炉乙引风机变频器故障掉闸联掉乙送风机,负荷由 180MW 最低降至 106MW。	显示"单元通讯故障"、"光纤数据接口松引起"。	18 时 10 分处理好,开启正常。	少发电约 13.5 万 KWh,烧油约 16.5 吨。
2007 05.03	1 时 42 分 #2 炉乙引风机变频器故障掉闸联掉乙送风机,负荷由 180MW 最低降至 120MW。	显示"CAB 硬件故障"。	4 时 50 分处理好,开启正常。	少发电约 19.5 万 KWh,烧油约 18 吨。

正常运行中机组负荷一般在 180MW 以上,此时如果因变频器故障造成单风机运行,会使锅炉炉膛负压急剧变化,处理不及时会造成锅炉灭火的严重后果。单风机运行还会引起机组降负荷,规程规定为 120MW,造成负荷损失。另外锅炉为稳定燃烧还会投油稳燃,造成不必要的柴油消耗。引风机掉闸使负荷从 180MW 降到 120MW 稳定运行调整时间约需 2 小时,期间投入 4 只大油枪(1.5T/h)及 4 只小油枪(0.5T/h),烧油约 16T。

3.2 措施

3.2.1 规定每周对变频器冷却风机滤网清扫一次,确保冷却风机运行良好及变频器各单元的温度正常。

3.2.2 提高检修工艺水平,利用机组大修、小修对变频器进行检修,利用临修时机对变频器进行检查。

3.2.3 变频器旁路:运行中当变频器故障不能恢复时为了尽量减少单风机运行的时间,给变频器加装了旁路回路,电气接线图如图 4 所示。改造后分变频运行和工频运行两种方式。

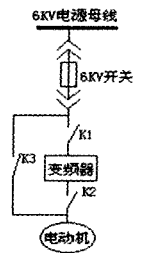


图 4 接线图

变频运行方式:合上电源刀闸 K1、K2;检查刀闸 K3 已拉开;将 6KV 开关送工作电;锅炉合上 6KV 开关;启动变频器;电机变频运行。

变频器故障时改为工频方式,拉开电源刀闸 K1、K2;合上刀闸 K3;将 6KV 开关送工作电;锅炉合上 6KV 开关由 6KV 电源直接带电机运行。此时锅炉炉膛负压的调节仍通过调节风机挡板来完成。

4. 结束语

锅炉引风机采用变频调速,具有调节特性好,节能降耗等优点,能较好地满足生产要求。由于高压变频器的稳定性和可靠性不是很高,也给电厂的安全生产及经济运行带来一定的负面影响。随着变频器制造技术及工艺的提高,变频器的稳定性会不断提高,价格会大大降低,在节能和调速领域的应用会更加广泛。