

大功率高压变频器在主扇风机中的应用

王海波¹, 罗 犇²

(1. 潞安环能股份公司 漳村煤矿, 山西 长治 046032; 2. 中国矿业大学, 江苏 徐州 221008)

摘要:介绍了大功率高压变频器在主扇风机中应用的设计方案、调速原理及应用情况, 通过应用实现了主扇风机的变频调速, 达到了提高风机启动性能与节约电能的目的。

关键词:大功率高压变频器; 主扇风机; 应用

中图分类号: TM921.51

文献标识码: B

文章编号: 1005-2798(2008)06-0061-03

漳村煤矿西风井主扇风机是矿通风系统的命脉, 由 2 台沈阳发动机研究所风机厂生产的 AGF-606-2.442-1.2-2 型轴流式风机和 JR1510-8 型电机组成, 功率为 475 kW, 转速 750 r/min, 电压为 6 000 V, 启动方式为高开串频敏电阻启动, 启动电流大, 对电机的冲击较大。主扇风机启动后以工频方式运行, 无法根据井下用风量的改变调节风量, 电能的浪费现象较为严重。因此在 2007 年 9 月对西风井 1# 主扇风机进行了变频控制改造, 在系统主回路中接入北京康得新电科技有限公司生产的 Diamond-HV-06/600 型高压变频器一套, 控制 1# 主扇风机, 并于 2007 年 9 月 30 日完成了变频器调试工作, 风机启动时实现了平滑启动, 变频器带井下负荷, 正式投入运行。

1 异步电动机的变频调速原理

异步电动机的变频调速是通过改变定子供电频率 f 来改变同步转速而实现调速的, 在调速中从高速到低速都可以保持较小的转差率, 因而消耗转差功率小, 效率高, 是异步电动机的最为合理的调速方法。

由公式 $n = 60f/p(1-s)$ (其中: n 为电机转速; f 为频率; p 为电机的极对数; s 为转差率) 可以看出, 若均匀地改变供电频率 f , 即可平滑地改变电动机的同步转速。异步电动机变频调速具有调速范围宽、平滑性较高、机械特性较硬的优点, 目前变频调速已成为异步电动机最主要的调速方式, 在很多领域都获得了广泛的应用。

变频调速具有如下显著的优点:

1) 由设备设计余量而导致“大马拉小车”现象, 因电机定速旋转不可调节, 这样运行自然浪费很大, 而变频调节彻底解决了这一问题;

2) 由负载挡板或阀门调节导致的大量节流

损失, 在变频后不再存在;

3) 某些工况负载需频繁调节, 而挡板调节线性太差, 跟不上工况变化速度, 故能耗很高, 而变频调节响应极快, 基本与工况变化同步;

4) 异步电动机功率因数由变频前的 0.85 左右提高到变频后的 0.95 以上;

5) 可实现零转速启动, 无启动冲击电流, 从而降低了启动负载, 减轻了冲击扭振;

6) 高压变频器本身损耗极小, 整机效率在 97% 以上。

2 设备的选型与方案设计

2.1 设备选型

过去电动机变频调速采用高-低变频方式来调速, 变频器为低压变频器, 采用输入降压变压器, 先把电网电压降低, 然后采用一台低压变频器实现变频; 对于电机, 则有两种办法, 一种办法是采用低压电机; 另一种办法, 则是仍采用原来的高压电机, 需要在变频器和电机之间增加一台升压变压器, 即高-低-高变频方式。这是当时高压变频技术未成熟时的一种过渡技术。这种做法由于采用低压变频器, 容量也比较小, 对电网侧的谐波较大。现在高压变频器的技术已经成熟, 经过研究决定采用一次性解决方案, 直接采用高压变频器对主扇通风机进行变频控制改造。经过多方比较性价比, 选用了北京康得新电科技有限公司生产的 Diamond-HV-06/600 型高压变频器一套, 首先在矿西风井 1# 主扇风机上应用, 待应用成熟后再进行推广。

2.1.1 Diamond-HV-06/600 型高压变频器技术参数

变频器容量: 600 kVA;

适配电机功率: 475 kW;

输入频率: 45 ~ 55 Hz;

收稿日期: 2008-02-15

作者简介: 王海波(1973-), 男, 山西平遥人, 工程师, 从事机电技术与管理工作。

额定输入电压: $6\text{ kV} \pm 10\%$;
 输入功率因数: $0.95 (>20\%$ 负载);
 变频器效率: 额定负载下 >0.96 ;
 输出频率范围: $0 \sim 60\text{ Hz}$;
 输出频率分辨率: 0.01 Hz ;
 运行环境温度: $-10 \sim 40^\circ$;
 冷却方式: 强制风冷。

2.1.2 高压变频器性能特点

1) 高压变频调速系统采用直接“高-高”变换形式,为单元串联多电平拓扑结构,主体结构有多组功率模块并联而成。

2) 变频装置控制采用 LED 键盘控制和人机界面控制两种控制方式,两种方式互为备用,两种方式从就地界面上可以进行增、减负荷,开、停机等操作。装置保留至少一年的故障记录。

3) 变频器能提供两种通讯功能:标准的 RS-485 和有触摸屏处理器扩展的通讯接口。

4) 在 $20\% \sim 100\%$ 的调速范围内,变频系统在不加任何功率因数补偿的情况下,本机输入端功率因数达到 0.95 。

5) 变频装置对输出电缆的长度无任何要求,变频装置保护电机不受共模电压及 dV/dt 应力的影响。

6) 变频装置输出电流谐波不大于 2% ,符合 IEEE 519 1992 及我国供电部门对电压失真最严格的要求,高于国标 GB14549-93 对谐波失真的要求。变频装置输出波形不会引起电机的谐振,转矩脉动小于 0.1% 。

7) 变频装置对电网反馈的电流谐波不大于 4% ,符合 IEEE 519 1992 及我国供电部门对电压失真最严格的要求,高于国标 GB14549-93 对谐波失真的要求。

8) 变频装置对电网电压的波动有较强的适应能力,在 $-10\% \sim +10\%$ 电网电压波动时必须满载输出,可以承受 30% 的电网电压下降,而降额继续运行,能满足煤矿的电压大幅波动的要求。

9) 变频装置设以下保护:过电压、过电流、欠电压、缺相保护、短路保护、失速保护、变频器过载、电机过载保护、半导体器件的过热保护、瞬时停电保护等,联跳至输入侧 6 kV 开关。保护的符合国家标准的规定。并提供故障、断电、停机等报警。

10) 变频装置带故障自诊断功能,对所发生的故障类型及故障位置提供中文指示,就地显示,便于运行人员和检修人员辨别和解决所出现的问题。变频装置有对环境温度的监控,当温度超过变频器

允许的环境温度时,变频器提供报警。

11) 系统可在电子噪声,射频干扰及振动的环境中连续运行,能满足国家标准对电磁兼容的规定。

2.2 主扇风机变频控制改造方案

2.2.1 高压变频器主回路接线

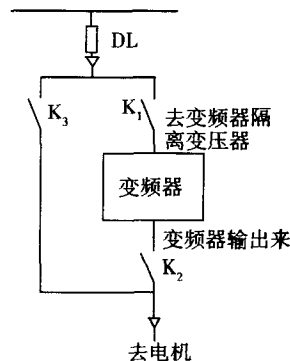


图1 高压变频器在系统中的连接示意

变频装置与主扇风机的连接方式如图1所示。DL为主扇风机 6 kV 开关; K_1 、 K_2 、 K_3 为变频装置隔离刀闸, K_3 为工频刀闸, K_1 、 K_2 为变频刀闸; 6 kV 电源经变频装置输入刀闸 K_1 到高压变频装置,变频装置输出经出线刀闸 K_2 送至电动机; 6 kV 电源还可以经旁路刀闸 K_3 后直接启动电动机。进出线刀闸 (K_1 、 K_2) 和旁路刀闸 (K_3) 的作用是:一旦变频装置出现故障,即可马上断开进出线刀闸,将变频装置隔离,手动合旁路刀闸,在工频电源下启动电机运行。

2.2.2 工作方式

系统的工作方式变为原主扇风机系统采用两台风机一用一备方式运行,现在把其中 $1^{\#}$ 风机改为变频拖动方式,另外一台风机系统保持原运行方式不变。变频装置采用了工频变频切换的旁路柜,保证了在变频装置故障情况下直接倒闸操作进入工频运行方式,切换速度快,完全可满足在 10 min 内启动风机的要求,确保生产运行不受影响。并且反风比以前操作简单可靠,完全可满足 10 min 内实现反风的要求。

3 变频器调速功能的实现

3.1 高压变频器的调速原理

高压变频装置为交一直一交电压源型变频调速系统,变频器输出的电流波形非常接近于理想正弦波形,对电网有害的谐波分量低,可通过改变调制波的频率和幅值来调节逆变器输出电压的频率和幅值。

6 kV 高压变频器每相为三单元叠加。每单元直流电压 $1\ 800\text{ V}$,每单元最高输出交流电压

1 275 V。整流逆变功率单元结构电路,见图2。

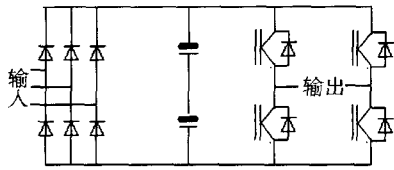


图2 整流逆变功率单元结构电路示意

经二极管全桥整流,电容滤波,SPWM方式控制IGBT逆变输出,见图3。

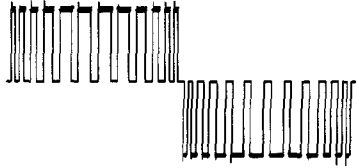


图3 单元输出电压波形图(50 Hz)

叠加后的变频器输出频率与幅值可调的正弦线电压,对电机实现变频调速控制。二极管整流电路在整个运行范围内都有较高的功率因数,由于直流环节滤波电容的存在,负载所需的无功电流可以在逆变功率器件的开关周期内通过续流二极管瞬时由滤波电容提供,所以一般不会反映到整流器输入侧,导致输入功率因数较高。

3.2 高压变频器如何在风机的高效区进行调速

在现有条件下风机厂家提供的风机运行转速范围为:① $n < 213 \text{ r/min}$; ② $n > 732 \text{ r/min}$; ③ $406 \text{ r/min} < n < 480 \text{ r/min}$ 。

风机的转速可调节范围小,变频控制改造的意义不大,经与风机厂家协商,若对风机进行一些小的改动,将前支板数增加2块,可将转速范围扩大到:① $n > 580 \text{ r/min}$; ② $n < 500 \text{ r/min}$ 。

为保证风机运行的可靠性,首先将1#风机风叶保持在原角度(0° 角)运行,变频器运行在工频状态下。待运行一段时间,变频器运行稳定可靠后,再增加风机前支板数2块,然后将风机调至大角度(5° 角或 10° 角)运行。变频器可进行调频,降低频率运行,根据井下用风量的大小实现风机的变频控制运行,并使风机保持在高效区运行,提高风机的运行效率。

4 应用情况

在2007年9月30日对风机进行了调试,调试时使风机在 0° 角与 5° 角两种状态下运行,在 0° 角风机仍在工频状态下运行,未起到调节风量的作用,但电机实现了零转速启动,无启动冲击电流,从而降低了启动负载,减轻了冲击扭振,减少了对电网的冲击。系统的功率因数提高,电网输入电流下降,减少了线路上的电能损耗,风机振动也有所下降。

当将风机风叶角度调至 5° 角运行时,变频器进行调频,变频器频率降低至41.5 Hz运行可满足井下用风量要求,与风机变频控制前运行参数对比如表1。

表1 风机变频控制前后运行参数

参数项目	风量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1})$	静压/kPa	静压效率/%	全压/kPa	全压效率/%	电流/A	功率因数	风机振动/ $(\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1})$
变频前	6100 ~ 6200	-1.90	68 ~ 70	-2.01	71 ~ 73	34	0.86	0.94 ~ 0.97
变频后	6100 ~ 6200	-1.90	72 ~ 74	-2.01	74 ~ 76	26	0.96	0.78 ~ 0.81

为保证风机运行的可靠性,现西风井1#风机风叶保持在原角度(0° 角)运行,变频器运行在工频状态下。待运行一段时间,变频器运行稳定可靠后,再增加风机前支板数2块,然后将风机调至大角度(5° 角或 10° 角)运行。变频器可进行调频,降低频率运行,根据井下用风量的大小实现风机的变频控制运行,并使风机保持在高效区运行,提高风机的运行效率。

由此可见风机实现变频运行后,风机的启动性能得到改善,风机振动降低,电机功率因数明显提高,风机效率明显提高,电机运行电流下降,电能消耗明显降低,实现了节能效果。

采用变频调速实现了以下功能:①实现主扇风机的平滑启动与无级变频调速,提高风机效率;②根据井下需要调节风量与节约电能;③实现风机可在工频与变频工作方式之间的快速切换。

5 经济效益分析

高压变频器的节电率一般为30%左右,西风井1#主扇风机一年运行按照180 d(1#、2#风机倒换运行)计算,一天运行24 h,则一年节约电能为: $475 \times 30\% \times 24 \times 180 = 615\ 600 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。

每度电按照0.5元计算,一年可节约资金: $0.5 \times 615\ 600 = 307\ 800$ 元。

6 结语

在潞安集团公司范围内,主扇风机成功应用高压变频器这是第一次,在中国煤炭行业,矿用通风机高压变频改造也不多见。实际应用表明,高压变频器应用于煤矿主扇风机的系统改造,必将取得良好的运行效果和经济效益。而推广使用变频器在煤矿行业进行改造,节约能源的效果将是非常可观的。

[责任编辑:张雪松]