

# 高压变频器在风机节能上的应用

翁瑞森

(福建省南纸股份有限公司设计室, 福建 南平 350000)

**摘要:** 介绍高压变频调速技术的作用、节能原理及高压变频器结构和特点; 并用实际设计的节电改造案例, 详细比较改造前后的节电计算, 阐明了利用变频调速技术进行节能应用具有广阔的前景。

**关键词:** 变频调速技术; 高压变频器; 风机

**中图分类号:** TN773 TM921.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-4801(2011)01-086-03

在大量的工业设备中, 我国仍采用交流电动机恒速传动方案运行, 例如风机最主要的调节手段靠调节风门、挡板开度的大小来调整控制对象, 不论生产的需求大小, 风机都是全速运行, 不能随工况的改变进行相应的调节, 白白浪费了大量的能量。近年来, 我国年工业生产总值不断提高, 但是能耗比却居高不下, 工业设备的高能耗比已成为制约我国经济发展的瓶颈, 因此利用变频调速技术进行风机电动机的降耗增效工作就显得极为重要。

## 1 变频调速原理

### 1.1 变频调速技术及节能原理

变频调速节能原理: 变频调速是通过改变输入到交流电动机的电源频率, 从而达到调节交流电机转速的目的。根据流体力学的基本定律可知: 风机或水泵类的设备均属平方转矩负载, 其转速  $N$  与流量  $Q$ 、扬程  $H$  以及轴功率  $P$  具有以下关系:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (1)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \quad (2)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3 \quad (3)$$

式中,  $Q_1$ 、 $H_1$ 、 $P_1$  分别为风机(或水泵)在  $N_1$  转速时的流量、扬程、轴功率;  $Q_2$ 、 $H_2$ 、 $P_2$  分别为风机(或水泵)在  $N_2$  转速时的流量、扬程、轴功率。

由公式(1)~(3)得知: 风机(或水泵)类设备流量与转速成正比、扬程与转速平方成正比、轴功率与转速三次方成正比。当风机(或水泵)的转速

降低时, 其轴端所需的电功率则大大降低, 如转速降低 1/2 时, 则轴端所需的电功率则降低 1/8, 这也是为什么变频调速在节电应用上十分显著的原因。

### 1.2 高压变频器的技术特点

高压变频器国内多数采用变频器串联的方式实现高压变频控制, 为多电压源叠加型。其结构是: 6 kV(或 10 kV)输入, 经变压器降压、移相得到中压, 再经过二极管实现多脉冲整流、稳压, 再经 IGBT 逆变、电压叠加得到 6.3 kV(或 10 kV)高压交流电源, 实现变频控制目的。高压变频器采用交一直一交方式, 主电路开关元件为 IGBT。变频器采用功率单元串联, 叠波升压, 充分利用低压变频器的成熟技术, 因而具有很高的可靠性。

### 1.3 高压变频器的拓扑结构图

图 1 为高压变频器的拓扑结构图。

6 kV 系列: 由 15 个或是 18 个功率单元构成, 每 5 个或是 6 个功率单元串联成一相, 三相 Y 接。

10 kV 系列: 由 27 个功率模块组成, 每 9 个功率模块串联成一相, 三相 Y 接。

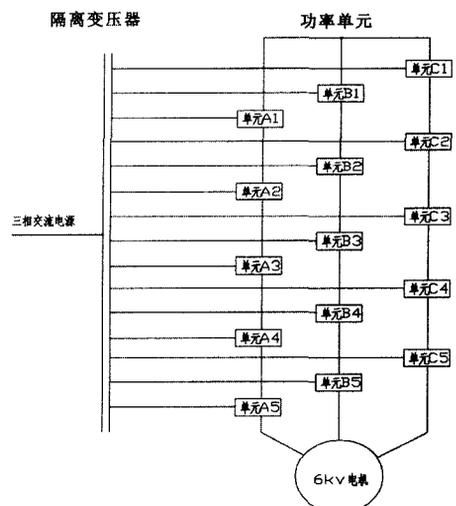


图 1 高压变频器的拓扑结构图

## 2 高压变频器的节能应用

本应用采用高压变频器对送风机进行改造, 以下用#1送风机为例计算其节能效果。

### 2.1 #1送风机设备主要参数

#1送风机参数如表1所示; 配套电机参数如表2所示; 送风机运行参数统计如表3所示; 单位电价为0.45元/kW·h。

表1 #1送风机主要参数

额定流量 $q_{V,max}$ / (m <sup>3</sup> /h)	额定压力 $P$ / Pa
169000	6490

表2 送风机配套电机参数

额定功率 $P_{dn}$ / kW	额定电流 $I_0$ / A	额定电压 / kV	效率 $\eta$	功率因子 $\cos\varphi$
260	29.8	6	95%	0.85

表3 送风机运行参数统计

运行时间	风压 $q$ / Pa	运行电流 $I$ / A	年工作时间/h
08:30-17:30	3700	17.5	365×11=4015
19:00-21:00			
17:30-19:00	3200	17	365×13=4745
21:00-08:30			

### 2.2 工频状态下的年耗电计算

送风机工频功耗:  $P_d = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos\varphi$  (4)

式中,  $P_d$ —电动机功率, kW;

$U$ —电动机输入电压, kV;

$I$ —电动机输入电流, A;

$\cos\varphi$ —功率因子。

累计年耗电量:  $C_d = T \times P_d$  (5)

式中,  $C_d$ —年耗电量值, kW·h;

$T$ —年运行时间, h。

(1) #1送风机重载时工频功耗

$$P_{d1} = 1.732 \times 6 \times 17.5 \times 0.85 = 154.58 \text{ kW}$$

累计年耗电量

$$C_{d1} = 4015 \times 154.58 = 620638 \text{ kW}\cdot\text{h}$$

(2) #1送风机轻载时工频功耗

$$P_{d2} = 1.732 \times 6 \times 17 \times 0.85 = 150.16 \text{ kW}$$

累计年耗电量

$$C_{d2} = 4745 \times 150.16 = 712509 \text{ kW}\cdot\text{h}$$

(3) #1送风机工频总功耗

年总耗电量

$$C_d = C_{d1} + C_{d2} = 620638 + 712509 = 1333147 \text{ kW}\cdot\text{h}$$

计算结果表明, #1送风机采用工频运行时, 每年耗电量约为133.31万度电。

### 2.3 变频状态下的年耗电计算

根据流体力学公式, 风压  $H$  和电机轴功率  $P$  之间关系为:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left( \frac{H_1}{H_2} \right)^2$$

所以,  $P_1 = P_2 \left( \frac{H_1}{H_2} \right)^2$  (6)

(1) #1送风机重载时变频功耗

将  $P_2$  值 260 kW、 $H_1$  值 3700 Pa、 $H_2$  值 6490 Pa、代入公式(6)可得变频情况下的电机功耗

$$P_1 = 260 \times \left( \frac{3700}{6490} \right)^2 = 84.49 \text{ kW}$$

根据  $P_1 = P_b \times \eta_b \times \eta_d$ , 得送风机重载时变频器功耗

$$P_{b1} = \frac{P_1}{\eta_b \times \eta_d} = 103.54 \text{ kW}$$

式中,  $\eta_b$ —变频器效率, %;

$\eta_d$ —电机效率, %。

送风机重载时累计年耗电量

$$C_{b1} = T \times P_{b1} = 4015 \times 103.54 = 415713 \text{ kW}\cdot\text{h}$$

(2) #1送风机轻载时变频功耗

将  $P_2$  值 260 kW、 $H_1$  值 3200 Pa、 $H_2$  值 6490 Pa、代入公式(6)可得变频情况下的电机功耗

$$P_1 = 260 \times \left( \frac{3200}{6490} \right)^2 = 63.20 \text{ kW}$$

送风机轻载时变频功耗

$$P_{b2} = \frac{P_1}{\eta_b \times \eta_d} = 77.45 \text{ kW}$$

送风机轻载时累计年耗电量

$$C_{b2} = T \times P_{b2} = 4745 \times 77.45 = 367500 \text{ kW}\cdot\text{h}$$

(3) #1送风机变频总功耗

年总耗电量

$$C_b = C_{b1} + C_{b2} = 415713 + 367500$$

$$= 783213 \text{ kW}\cdot\text{h}$$

(下转第93页)

## 4 结束语

龙岩高岭土有限公司选矿厂自动化配浆及设备监控系统系国内高岭土行业首创, 该系统的投入使用, 不仅标志着公司选矿生产能力质的飞跃,

也标志着公司选矿厂管理水平上了一个新台阶。投入使用三年以来, 产品质量控制稳定, 品味较低的原矿利用率有了显著提高, 为延长矿山服务年限, 提高公司效益做出了贡献, 达到了当时兴建该系统的目的。

### 参考文献:

- [1] 陈金华等. 可编程控制器(PLC)应用技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 1995.
- [2] 贺哲荣, 石帅军. 流行 PLC 实用程序及设计[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2006.
- [3] 罗红福等. Profibus-DP 现场总线工程应用实例解析[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.
- [4] 柴瑞娟等. 西门子 PLC 高级培训教程[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2009.

(上接第 85 页)

维修时间并提高生产效率。

当然, 除上述三种故障外, 变频器内部故障还有其他两种: 一是功率部分故障, 主要易发部

位为电容和 IGBT; 二是控制部分故障, 控制部分包括各种电路板和与之相连的线路。这两种故障属于控制系统故障。

### 参考文献:

- [1] 蒋朝华. 变频器的故障处理[J]. 变频器世界, 2004 (6): 124-125.
- [2] 张燕宾. 变频器应用教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.

(上接第 87 页)

计算结果表明, #1 送风机采用变频运行时, 每年耗电量约为 78.32 万度电。

年可节约电费:  $54.99 \times 0.45 = 24.75$  万元。

### 2.4 #1 送风机节电计算

年节电量

$$\Delta C = C_d - C_b = 133.31 - 78.32 = 54.99 \text{ 万度电}$$

节电率:

$$\left( \frac{\Delta C}{C_d} \right) \times 100\% = \left( \frac{54.99}{133.31} \right) \times 100\% = 41.25\%$$

## 3 结束语

采用高压变频器对送风机的改造, 不仅取得良好的节能效果, 而且设备运行稳定, 安全可靠, 电动机实现了真正的软启动、软停运; 延长了电机、风机及水泵的使用寿命和维修周期, 提高了风机及水泵的利用效率。

### 参考文献:

- [1] 任元会. 工业与民用配电设计手册(第三版)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- [2] 刘宝林. 电气规程规范及标准大全[M]. 北京: 中国计划出版社, 1991.
- [3] 徐莆荣. 高压变频调速技术应用实践[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [4] 张皓, 续明进, 杨梅. 高压大功率变频调速技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.