

文章编号:1671-251X(2010)05-0012-04

## 变频恒压供气监控系统的设计

王祖迅,田兵,李涛,李勇,尚辉

(煤炭科学研究院重庆研究院测控技术分院,重庆 400037)

**摘要:**介绍了基于 S7-200 系列 PLC 和 A TV71 系列变频器的变频恒压供气监控系统的设计方案,阐述了系统的组成、系统功能、工作原理和系统上位机组态软件的设计。该系统运行稳定可靠,已在某矿成功应用。

**关键词:**瓦斯电厂; 恒压供气; PLC; 变频器

**中图分类号:**TD712.67      **文献标识码:**B

收稿日期:2009-12-26

**作者简介:**王祖迅(1982-),男,云南邱北人,助理工程师,2005 年毕业于西安科技大学,现在煤炭科学研究院重庆研究院测控技术研究分院从事瓦斯抽放及利用方面的研究工作。E-mail: wangzwxun@yahoo.com.cn

### 0 引言

随着我国煤矿瓦斯气体利用技术的不断发展和完善,瓦斯发电厂和瓦斯民用气站的建立越来越多,在实现节能减排的同时又增加了企业的经济效益。

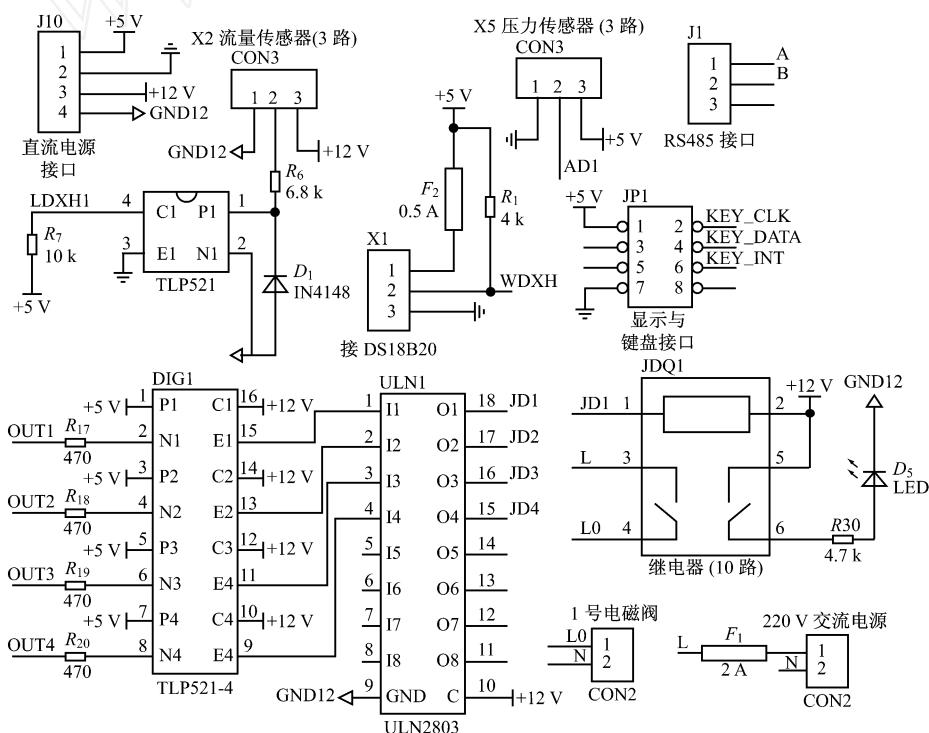


图 6 输入、输出接口电路

### 参考文献:

- [1] 赵汉武,杨佳,王东锋. 基于微控制器的新型集中润滑系统[J]. 机电产品开发与创新,2009(3):153-154.
- [2] 毛胜辉,宁广庆. 大型机械设备智能控制润滑的计算机系统研究[J]. 科技信息,2008(25):81,39.

- [3] 江业泰,罗祯伟,姜海军. ZDRH 系列智能集中润滑系统在韶钢宽板厂的应用[J]. 润滑与密封,2008(11):114-115.
- [4] 苏波,王莉. 润滑系统油量检测方法研究[J]. 仪器与仪表学报,2008(4).
- [5] 何庆中,郭天石,刘晓叙,等. 基于脂工作温度的脂自动润滑系统研究[J]. 润滑与密封,2006(1):117-119.

传统的供气方式有采用罗茨鼓风机直接向瓦斯电厂和用户供气,通过阀门调节供气压力;有采用储气罐顶盖自身的重力向瓦斯电厂和用户供气。在这些供气方式中,供气压力时大时小,供气不平稳且不易调节。供气压力的平稳度直接影响到瓦斯发电机组的发电效率和民用瓦斯气体使用的安全性。鉴于西门子S7-200系列PLC具有强大的PID运算能力、PID自整定功能,施耐德ATV71系列变频器具有高可靠的变频调速、标准的通信接口等功能,笔者在供气系统中有机地结合使用上述器件,达到了恒压供气的目的。本文主要介绍恒压供气监控系统的组成、系统功能、工作原理和系统上位机组态软件的设计等。

## 1 系统组成

变频恒压供气监控系统主要由2台160 kW的罗茨鼓风机、2台30 kW的罗茨鼓风机、1座8 000 m<sup>3</sup>的储气罐、2台研华工控计算机、2台200 kW和2台37 kW施耐德ATV71系列变频器、西门子S7-200系列PLC组成,如图1所示。其中西门子S7-200系列PLC配置包括1台CPU224、1台4路模拟量输入模块EM231、1台2路模拟量输出模块EM232和1台以太网模块CP243-1。

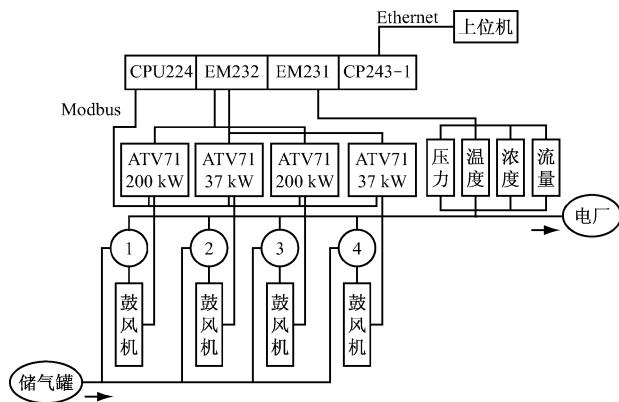


图1 变频恒压供气监控系统组成

## 2 系统功能

变频恒压供气监控系统主要根据电厂用气压力的变化,自动快速对供气管道中的压力进行调节,使供气管道压力始终保持在一个恒定的压力值范围内,实现对瓦斯电厂的恒压供气。

系统分2组工作,每组由1台160 kW的鼓风机和1台30 kW的鼓风机组成。正常工作时,先启

动160 kW的鼓风机,如果160 kW的鼓风机能够保证电厂供气的需要,则不启动30 kW鼓风机,在此工作状态下,37 kW的变频器处于休眠状态;当160 kW的鼓风机不能满足电厂供气压力时,160 kW的鼓风机工作于工频,同时启动30 kW的鼓风机,这时160 kW和30 kW的鼓风机全部投入工作。在运行过程中,当工作组中的任意一台变频器出现故障时,如果另一组变频器没有故障,自动切换到另一组变频器工作;如果另一组变频器存在故障,则保持当前工作组运行,对故障变频器发出声光报警。

上位机组态软件中可以设置系统给定压力、变频器给定频率、变频器选组、工作模式选择、启动、停止、急停等操作,实时显示变频器输出电动机电压、电流、功率、频率等机电参数,显示管道压力、供气流量、管道内瓦斯气体浓度、瓦斯气体温度、鼓风机油温等参数,当有报警出现时发出声光报警,并在组态软件上显示报警信息提示窗口,提供历史报警信息、历史曲线、历史报表的查询和打印。

## 3 系统工作原理

变频恒压供气监控系统PID闭环控制模型如图2所示,通过压力变送器检测供气管道内气体压力,将压力转换成4~20 mA的电流信号输入到PLC模拟量输入模块EM231中,通过PLC处理器CPU224对供气管道压力采样值与压力给定值做PID运算,运算结果通过PLC模拟量输出模块EM232输出0~10 V的控制电压信号,控制电压信号0~10 V输入到ATV71变频器AI2端口给定变频器频率,从而调节变频器的输出电压和电流,实现系统的闭环PID调速控制。

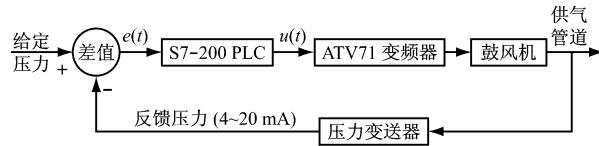


图2 变频恒压供气监控系统PID闭环控制模型

在模拟调节系统中,理想PID控制算法的模拟表达式如下所示:

$$u(t) = K_p [ (e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt}) ]$$

式中:u(t)为调节器的输出信号;e(t)为偏差信号,等于给定量和输出量之差;K<sub>p</sub>、T<sub>i</sub>、T<sub>d</sub>分别为比

例系数、积分系数和微分系数。

PID 各参数对系统性能的影响如下：

#### (1) 比例系数 $K_p$ 对系统性能的影响

比例系数  $K_p$  加大,使系统的动作灵敏,速度加快,稳态误差减小;  $K_p$  偏大,振荡次数增多,调节时间加长;  $K_p$  太大时,系统会趋于不稳定,  $K_p$  太小,又会使系统的动作缓慢。 $K_p$  可以选负数,这主要由执行机构、传感器及控制对象的特性决定的。如果  $K_p$  的符号选择不当,对象状态( $p v$  值)就会离控制目标的状态( $s v$  值)越来越远,如果出现这样的情况, $K_p$  的符号就一定要取反。

#### (2) 积分控制 $T_i$ 对系统性能的影响

积分作用使系统的稳定性下降,  $T_i$  小(积分作用强)会使系统不稳定,但能消除稳态误差,提高系统的控制精度。

#### (3) 微分控制 $T_d$ 对系统性能的影响

微分作用可以改善动态特性,  $T_d$  偏大时,超调量较大,调节时间较短; $T_d$  偏小时,超调量也较大,调节时间也较长。只有  $T_d$  合适,才能使超调量较小,缩短调节时间。

上位机通过以太网口与以太网模块 CP243 - 1 相连,实现以太网高速实时通信功能。以太网通信技术成熟、稳定可靠,通信速率可达 10 M/100 M。

西门子 S7 - 200 系列 PLC CPU224 的 P0 口与施耐德 A TV71 系列变频器的 Modbus 通信口相连。PLC 在正常工作时,P0 口工作在自由口模式,以标准的 Modbus 协议通信,实现 PLC 与变频器读写操作,将 A TV71 变频器的内部参数传送给上位机,并在上位机上实时显示。

Modbus 协议是主从站通信协议,用异步串行口完成通信,物理层采用 RS485。受线路和设备的限制,通信网络中可接 1 台主站和 32 台从站。西门子 PLC 为 Modbus 主站,4 台施耐德 A TV71 变频器为从站,PLC 以轮询的方式去巡检 4 台变频器。通信模式采用 RTU,波特率为 9 600 bit/s,起始位为 1 位,数据位为 8 位,奇偶校验位无,停止位为 1 位,报文校验采用循环冗余(CRC)校验。

Modbus 查询从设备寄存器内容功能码 0X03。0X03 功能码命令帧格式如表 1 所示,应答帧格式如表 2 所示。Modbus 设置从设备寄存器内容功能码 0X10。0X10 功能码命令帧格式如表 3 所示,应答帧格式如表 4 所示。

表 1 0X03 功能码命令帧格式

从设备地址	功能码	起始寄存器地址	寄存器个数	CRC 校验码
1 B	1 B	2 B	2 B	2 B

表 2 0X03 功能码应答帧格式

从设备地址	功能码	数据区字节数	数据区	CRC 校验码
1 B	1 B	1 B	寄存器 个数 ×2 B	2 B

表 3 0X10 功能码命令帧格式

从设备地址	功能码	起始 寄存器地址	寄存器 个数	数据区 字节数	写入寄存 器的数据	CRC 校验码
1 B	1 B	2 B	2 B	1 B	寄存器 个数 ×2 B	2 B

表 4 0X10 功能码应答帧格式

从设备地址	功能码	起始寄存器地址	寄存器个数	CRC 校验码
1 B	1 B	2 B	2 B	2 B

A TV71 系列变频器变量地址在 PLC 中的映射地址如表 5 所示。

表 5 A TV71 系列变频器变量地址在 PLC 中的映射地址

类型	A TV71 - Modbus	S7 - 200 - Modbus	说明
	变量地址	映射地址	
读出变量	3201	43202	状态字
	3202	43203	输出频率
	3204	43205	电动机电流
	3208	43209	电动机电压
	3211	43212	电动机功率
写入变量	8501	48502	控制字
	8502	48503	给定频率

系统分为近程控制和集中控制 2 种工作模式,近程控制由现场的按钮进行操作控制,集中控制由上位机进行控制。集中控制工作模式设有手动和自动 2 种工作方式。变频器控制原理如图 3 所示。变频器工作于源型 2 线控制,当 L11 闭合时变频器正向启动,当 L11 断开时变频器停止。变频器的频率给定由 AI2 编程给定,也可以将变频器给定设置为 Modbus 给定方式,由 Modbus 通信给定。

手动工作方式:当系统工作于远控手动工作方式时,变频器工作频率从上位机输入,变频器在恒定的频率下工作,系统不再是恒压供气。

自动工作方式:当系统工作于远控自动工作方式时,变频器自动根据压力的变化不断调节变频器的工作频率,使系统工作在恒压供气状态下。

PLC 程序流程如图 4 所示。

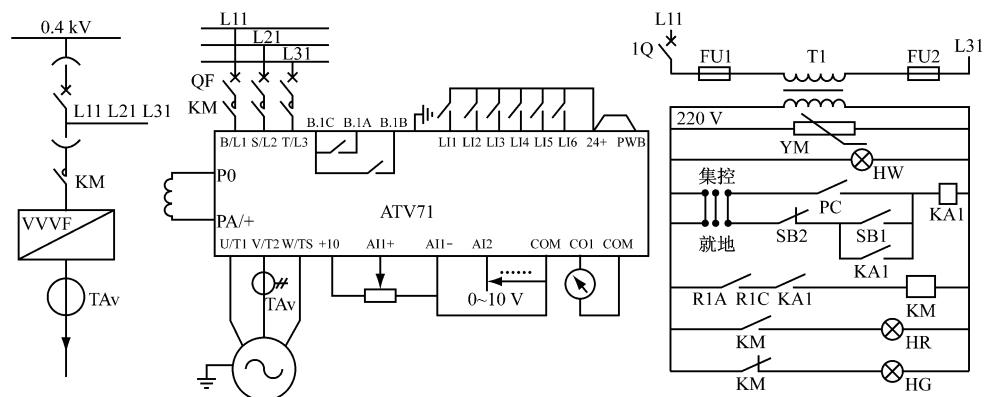


图3 变频器控制原理

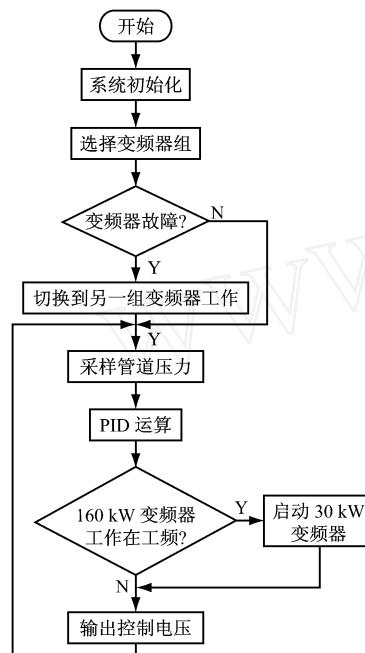


图4 PLC程序流程

#### 4 上位机组态软件设计

上位机采用北京亚控公司组态王 6.52 组态软件进行开发,开发简单,界面友好,组态软件图库丰富,监控画面中配有动画和语音提示,形象直观,操作人员操作简单方便,易于掌握供气工艺流程。通过上位机可以对现场设备和参数进行实时监测和控制,将报警数据、监测数据和电厂供气量等参数自动生成日报、月报和年报,存入数据库中;自动绘制实时趋势曲线、历史趋势曲线等,供操作人员查询和打印,便于维护。监控软件设有用户管理权限,只有分配有权限的操作员才能对设备进行操作。监控软件具有 Web 发布功能,分配有权限的用户可以远程浏览数据、设备状态和进行远程控制,上位机组态软件监控画面如图 5 所示。

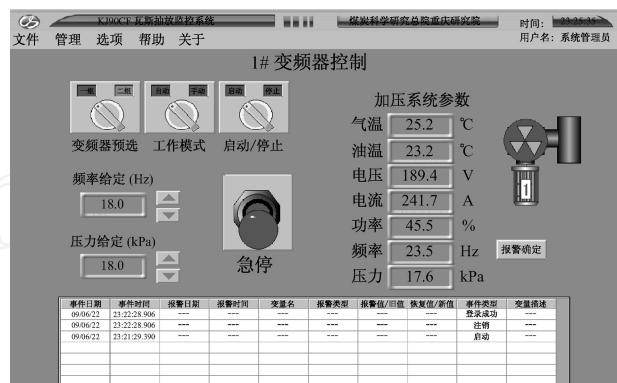


图5 上位机组态软件监控画面

#### 5 结语

基于西门子 S7 - 200 系列 PLC 与施耐德 ATV71 系列变频器的恒压供气监控系统的投入使用,有效解决了供气管道内压力不平稳的问题,同时在用户负荷小时可节省大量的电能。该系统已成功应用于晋煤集团某矿,并取得了良好的供气效果。

#### 参考文献:

- [1] 廖常初. PLC 编程及应用 [M]. 北京:机械工业出版社, 2005.
- [2] 陶永华,尹怡欣. 新型 PID 控制及应用 [M]. 北京:机械工业出版社, 1998.
- [3] 蔡行健,黄文钰. 深入浅出西门子 S7 - 200 PLC [M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2003.
- [4] 刘善增. PLC 控制系统的可靠性设计 [J]. 工业控制计算机, 2004(7):37-40.
- [5] 路野,周朝晖. 基于 PLC 和变频调速的恒压供水系统设计 [J]. 计算机与数字工程, 2009(1):162-164.
- [6] 郑兆生,张伟,郑新志. PLC 及变频器恒压供水控制系统设计 [J]. 山东轻工业学院学报, 2007, 21(3): 53-56.