

文章编号:1674-2869(2014)010-0047-05

# 材料浓缩技术温度测控方法的研究

吴和保,柯 超,竺东杰

武汉工程大学机电工程学院,湖北 武汉 430205

**摘 要:**针对机械式蒸汽再压缩浓缩技术对二次蒸汽温度不能进行实时监控,产生能源浪费的问题,采用西门子 S7-200 PLC 控制器为核心元件搭建一套实时监控对二次蒸汽温度进行监控. 该系统在计算机软件驱动下,运用比例积分微分指令模块构建闭环反馈调节系统对二次蒸汽温度进行调控,并用仿真软件对闭环反馈调节系统进行模拟. 针对压缩机能耗问题,在电动机上串联变频器,通过可编程逻辑控制器控制变频器,改变电动机的转速降低能耗. 研究表明,闭环反馈调节系统能够实现对二次蒸汽温度的实时控制,且人机界面可以直接监控系统的运转状况,并通过变频器改变电动机的工作频率可以降低能耗. 该系统组建简单方便,适合对机械式蒸汽再压缩浓缩系统进行实时监控.

**关键词:**可编程逻辑控制器;变频器;比例积分微分控制

**中图分类号:**TP 273+.5 **文献标识码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2014.010.010

## 0 引 言

机械蒸汽再压缩蒸发技术是可以循环利用自身产生二次蒸汽能量的蒸发工艺,这种工艺可以节约能源和降低劳动力,在各个行业得到了广泛运用.但目前 MVR 系统对二次蒸汽进行压缩加热时会浪费大量电能,且对蒸汽温度控制精度低,人机信息无法实时交换,MVR 系统的自动化运行难以实现.

温度控制系统运用 PID 闭环反馈调节系统与变频器对蒸汽温度进行实时调控.通过对控制要求的分析,采用组态软件和 PLC 控制器搭建一个可以进行人机信息交换的温度控制系统,由温度采集装置采集温度值传送至控制系统进行分析比较运算实现了对蒸汽温度的精确控制,且系统运行状态可以在温度控制面板上进行实时监控,能够让操作人员对系统实时运转状况了解更加准确.

## 1 系统方案

系统主要包括西门子 PLC S7-200 控制器、变频器、罗茨风机、电机、温度传感器等部分<sup>[1]</sup>.由温度传感器 Pt100 检测管道内蒸汽的温度,温度值经 EM235 模块传送至 PLC,再由 PLC 内部的 PID 指令模块对温度值进行比对运算并输出电压

信号对变频器进行控制,完成对罗茨风机的控制.控制系统结构图如图 1 所示.

由于换热器内料液温度需要达到 60℃才能进行浓缩,所以需要蒸汽对料液进行加热.通过压缩机对二次蒸汽进行压缩加热到 60℃才能达到换热的效果.当管道内温度低于 60℃时,通过 PLC 内部 PID 指令进行比对运算,把运算结果传输到变频器内,变频器根据输入的模拟量,增大交流电频率,从而提高电动机的转速.如果管道内温度高于 60℃,则变频器根据 PID 的输出结果降低交流电的频率从而降低电动机的转速.在 PID 指令模块中,将交流电频率 50 Hz 对应到数字量 32 000,当变频器输出频率为 50 Hz 时,说明电动机进入工频运转.通过 PLC 对变频器的控制,可以实现电动机的无级调速,并能对现场进行远程操控.

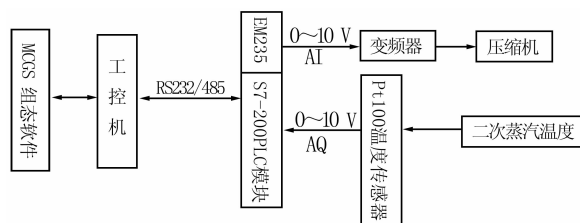


图 1 控制系统结构图

Fig. 1 control system structure

收稿日期:2014-06-16

基金项目:武汉工程大学研究生教育创新基金项目(CX2013077)

作者简介:吴和保(1963-),男,湖北麻城人,教授,博士.研究方向:金属凝固理论及其数值模拟、金属表面处理与防护、液态金属精确成型、金属雾化制粉、材料自动化检测与控制.

2 闭环反馈调节控制系统

在本次 MVR 二次蒸汽控制系统中主要运用 PID 闭环反馈调节控制系统进行控制,如图 2 所示.

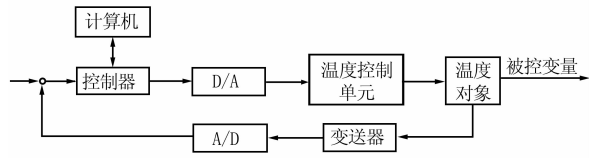


图 2 温度控制系统结构图

Fig. 2 Temperature control system structure

控制部分选取西门子 S7-200CPU224XP 作为控制器,扩展一块西门子 EM235 模块用作数模转换.在换热器的进气口处安装一个 Pt100 铂热电阻传感器,传感器检测到温度信号后传送至 EM235 模块进行数模转换.在 PLC 程序中编写了子程序读取寄存器里的温度值,按照标准转换公式转换成标准数字量<sup>[2]</sup>,送至 PID 指令模块进行偏差运算,反馈输出.

本系统的偏差由温度设定值和温度采集值的差值构成.

$$e(t)=r(t)-c(t)$$
 (1)

系统偏差通过 PID 反馈调节进行调控,其控制规律为

$$u(t)=K_p[e(t)t+\frac{1}{T_i}\int_0^te(t)+Td\frac{de(t)}{dt}]$$
 (2)

根据一般经验公式可以建立 PID 闭环反馈调节传递函数为

$$W(s)=\frac{1}{6.25s^2+5s+1}$$
 (3)

并用 MATLAB 进行调试仿真,建立温度控制仿真系统框图,如图 3 所示.

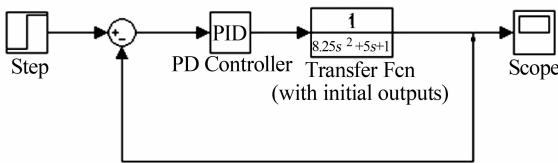


图 3 温度控制仿真系统框图

Fig. 3 Temperature control simulation system block diagram

在仿真系统中,先给一个阶跃信号并设置参数,添加一个 PID Controller 模块,并设置比例、积分、微分各个参数大小,在 PID 指令模块中设置比例系数为 60,积分系数为 10,微分系数为 0. 得出经 PID 整定后的波形图,如图 4 所示.

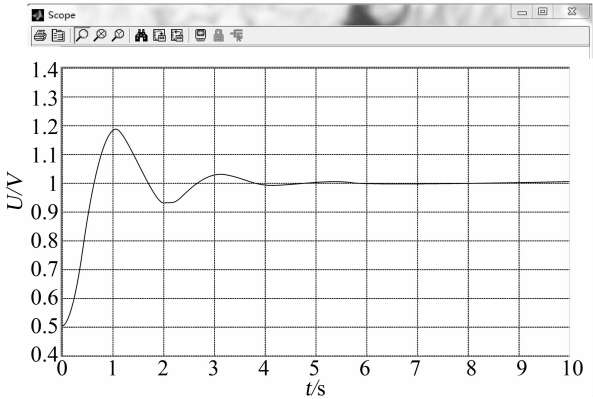


图 4 PID 整定波形图

Fig. 4 PID setting waveform figure

在仿真波形图中可以看出,当曲线在纵坐标数值较小时一直处于上升状态,当上升到顶峰时开始下降,在中间某一值时处于平衡状态,说明 PID 闭环反馈调节系统可以将输出值稳定在设定值附近.得出结论:本次温度控制仿真系统非常符合 MVR 温度自动调节控制系统的要求,能够实现对二次蒸汽温度的实时调控.

3 系统程序设计

控制程序主要分为温度控制主程序、子程序和中断子程序.在主程序中对控制点进行初始化,如图 5 所示,在主程序中设置一个温度节点,本系统以 60℃为温度节点,并运用 PID 模块对温度进行调节;管道内蒸汽温度高于 60℃时,M2.0 线圈闭合启动 PID 指令模块进行温度调控,如图 6 所示.子程序用来对温度值与模拟信号进行标度转换,如图 7 所示.实际温度 T 和输入的数字量 D 通过数值运算进行转换,转换公式为

$$T=\frac{D\times100}{32\,000}$$
 (4)

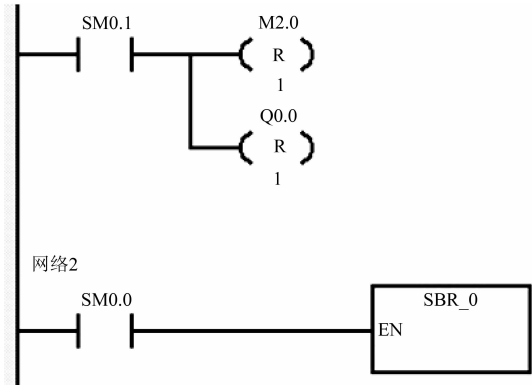


图 5 程序初始化

Fig. 5 program initializing

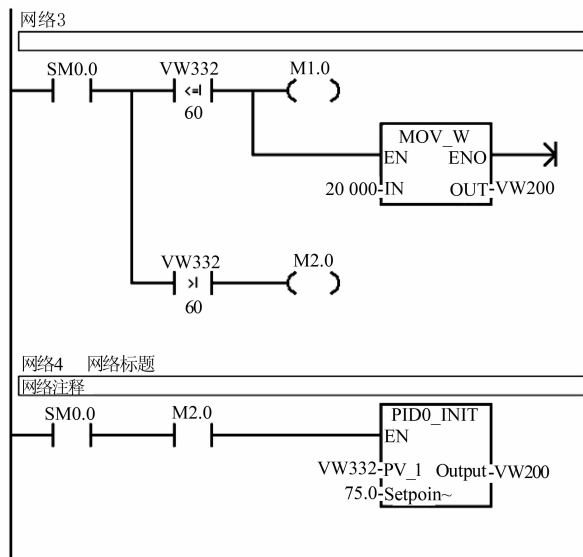


图 6 控温程序

Fig. 6 Temperature control program

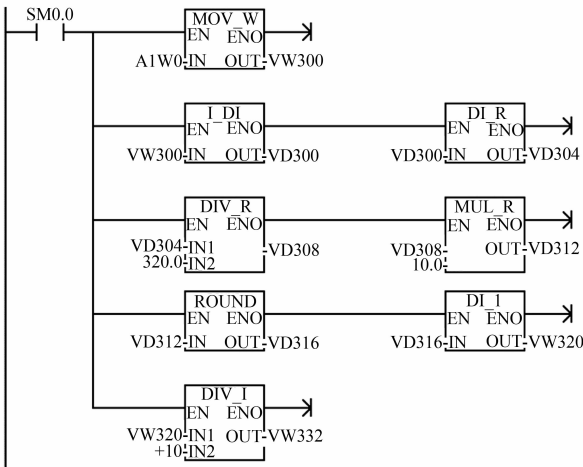


图 7 子程序

Fig. 7 Subroutine

4 变频器设计

变频器在整个温度控制系统中用来改变电机的转速从而改变蒸汽的温度值,电机的调速采用交流异步电动机拖动,其转速为

$$n=\frac{60f}{p}(1-s)$$

(5)

式(5)中, $n$ 为转速; $p$ 为电动机的磁极对数; $f$ 为电源频率; $s$ 为转差率。在现实中一般是将电网中的交流电通过变频器转换为电压和频率均为可变的交流电之后,供给电动机,使电机的转速可调<sup>[3]</sup>。

变频器型号的选择主要考虑变频器的电压、电流以及容量的大小,在电动机的运行过程中,变频器的额定电流必须大于电动机可能出现的最大电流<sup>[4]</sup>,即

$$I_N\geq I_{MMax}$$

(6)

变频器的容量要与电动机的容量匹配,变频器在连续恒定负载下所要达到的容量计算公式如下:

$$P_{CN}\geq\frac{kP_M}{\eta\cos\varphi}$$

(7)

$$P_{CN}\geq\sqrt{3}kU_MI_M\times10^{-3}$$

(8)

变频器的容量在工作时必须满足以上两公式。在本温度调控系统中选用的是 Y200M-4 电机,电机的额定功率是 55 kW,额定电压是 380 V,额定电流是 110 A,电流波形的修正整形系数  $k$  取 1.1,电动机的效率  $\eta$  取 0.85,电动机的功率因数  $\cos\varphi$  取 0.75。通过计算可得, $P_{CN}\geq95\text{ kW}$ , $I_N\geq120\text{ A}$ ,根据变频器额定功率的取值范围和额定电流的取值范围,选取西门子 MM440 F 型系列,型号为 6SE6440-2UD41-1FB1 的变频器作为控制元件<sup>[5]</sup>。

5 控制界面的设计及系统调试

温度控制系统的界面采用北京昆仑通态的 MCGS 嵌入版组态软件进行设计。在组态软件的用户窗口添加控制面板所需的控件,对各控件的属性进行设置。界面图形绘制完成后,对控制系统进行调试,用通讯电缆连接 PC 机和 PLC 控制器,在 STEP7-Micro/WIN 中的通信设置栏设置 PLC 的各个通讯参数并将组态软件中的控件与 PLC 程序进行通道连接。下载工程并进入运行环境,启动 MVR 温度控制系统,在控制面板中设置温度值,点击启动加热键,进行在线调试<sup>[6]</sup>,如图 8 所示。

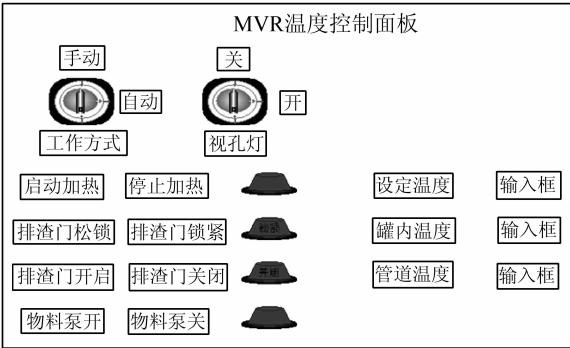


图 8 温度控制面板

Fig. 8 Temperature control panel

6 结 语

MVR 温度控制系统主要运用了 PID 指令模块对变频器的控制来实现管道内温度的调控<sup>[7]</sup>,用 MATLAB 软件对 PID 闭环反馈调节系统进行

模拟,从曲线可以看出本系统是可以实现温度的实时调控.通过组态软件设计 MVR 温度控制面板,通过温度控制面板对管道内的蒸汽温度进行实时监控,对解决人机信息交换困难和能源浪费的难题进行了有益的探索.

## 致 谢

在系统开发的过程中,对于武汉纽威制药机械有限公司提供的实验和现场测试工作的帮助,在此表示衷心的感谢!

## 参考文献:

- [1] 包世健,江金兰.基于组态和 PLC 控制的恒压变频供水系统设计[J].企业技术开发,2012(12):45-46.  
BAO Shijian,JIANG Jinlan. Design of frequency conversion water supply control system based on configuration and PLC[J]. Technological Development of Enterprise,2012(12):45-46. (in Chinese)
- [2] 吴和保,柯超,竺东杰,等.材料浓缩技术在线温度测控系统的研究[J].武汉工程大学学报,2014,36(1):63-68.  
WU Hebao,KE Chao,ZHU Dongjie, et al. Temperature control system based on material concentrated technology[J]. Journal of Wuhan Institute of Technology, 2014,36(1):63-68. (in Chinese)
- [3] 李鸿儒,余霞,孟晓芳.西门子系列变频器及其工程应用[M].北京:机械工业出版社,2013.  
LI Hongru,YU Xia,MENG Xiaofang. Siemens series inverter and its engineering application [M]. Version 2. Beijing: China Machine Press, 2013. (in Chinese)
- [4] 戴仙金.西门子 S7-200 系列 PLC 应用与开发[M].北京:中国水利水电出版社,2007.  
DAI Xianjin. Siemens S7-200 series PLC application and development [M]. BeiJing: China WaterPower Press,2007. (in Chinese)
- [5] 吴和保,李晓微,龙玉阳,等.基于 BP 神经网络蠕铁性能的快速预测[J].武汉工程大学学报,2013,35(10):63-67.  
WU Hebao,LI Xiaowei, LONG Yuyang, et al. Fast prediction of vermicular cast iron property base on BP neural network[J]. Journal of Wuhan Institute of Technology, 2013,35(10):63-67. (in Chinese)
- [6] 王高平,皮云晗,周攀,等.家庭影院音响性能测试分析系统开发[J].武汉工程大学学报,2013,35(8):45-51.  
WANG Gao-ping, PI Yun-han, ZHOU Pan, et al. Development of measurement and analysis system of home theater sound performance[J]. Journal of Wuhan Institute of Technology, 2013,35(8):45-51. (in Chinese)
- [7] 吴和保,张亚平,夏志全,等.干式缸体炉前蠕化处理工艺及其力学性能[J].武汉工程大学学报,2014,36(2):38-41.  
WU Hebao,ZHANG Yaping ,XIA Zhiquan , et al. Furnace front vermicularizing treating process and mechanical properties of dry-type cylinder block[J]. Journal of Wuhan Institute of Technology, 2014,36(2): 38-41. (in Chinese)

## Temperature control method based on material concentrated technology

*WU He-bao ,KE Chao , ZHU Dong-jie*

School of Mechanical and Electrical Engineering, Wuhan Institution of Technology, Wuhan 430205, China

**Abstract:** A System which can real-time monitor the secondary steam temperature by using the Siemens S7-200PLC controller was proposed to solve the problems that the secondary steam temperature can not be real-time monitored by mechanical vapor recompression concentration technique and energy is wasted. Driven by designed computer software, a closed-loop feedback control system was constructed to control secondary steam temperature by porportional integral differential instruction module, then is was simulated by the simulation software. The speed of the motor was changed to reduce energy consumption through the programmable logic controller controlling the inverter. The results show that the two steam temperature real-time control is realized by the closed loop feedback control system, operation conditions of which are directly monitored by human-computer interface and the energy consumption is reduced by the inverter changing the working frequency of the motor. It is found that the system can be set up simply and conveniently, and which is suitable for monitoring the system of mechanical vapor recompression concentration technique.

**Keywords:** programmable logic controller; inverter; proportion integration differentiation control

本文编辑:陈小平