

# 基于 MCGSE 的盘管温度控制系统设计

徐泽远, 张冬妍, 袁焯, 赵晓坤, 熊锋, 宋晓飞, 袁紫薇 (东北林业大学机电工程学院, 黑龙江哈尔滨 150040)

**摘要** 温度作为工农业生产的重要被控对象之一, 一直是人们研究的主要对象。设计中选用在 MCGS 通用版的基础上开发的嵌入式组态软件 MCGSE, 对现场数据进行采集处理, 融合动画显示、报警处理、流程控制和报表输出等功能, 更方便用户解决实际工程问题, 广泛应用于自动化领域。控制芯片选用可编程控制器(PLC)S7-300, 拥有模块化结构, 配置易于分布式实现, 电磁兼容性较好, 能抗震动冲击, 在多数实际工业控制场合满足需要, 经济上也很可观。设计中选取盘管出水口温度作为控制对象, 采用 PID 算法达到稳定、快速、准确的要求。

**关键词** 温度; 纯滞后; PID; MCGSE; S7-300

中图分类号 S126 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2014)28-10000-03

## Pipe Temperature Control System Based on MCGSE

XU Ze-yuan, ZHANG Dong-yan, YUAN Ye et al (College of Mechanical and Electrical Engineering, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)

**Abstract** Temperature is one of the most important object of industrial and agricultural production which has been researched for many years. The SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) called MCGSE which developed based on the MCGS is used for collecting and processing the field data in the system, containing the functions of integration of animation display, alarm processing, process control and report output and other functions. It is convenient for the user to solve practical engineering problems so that it is widely used in the field of automation. The micro controller of the system is Programmable Logic Controller(PLC for short) - S7-300, which has a modular structure and is easy to distributed control. As a PLC, the S7-300 has the ability of anti-electromagnetic interference and resistance for shocking, which is very impressive and good to use for meeting the requirements of performance indicators in most of the actual industrial control applications. The temperature of water from the pipe is selected as the controlled object, which can be stable, rapid and accurate in control of PID.

**Key words** Temperature; Pure lag; PID; MCGSE; S7-300

工农业过程控制中, 温度是一个不可或缺的控制对象, 例如, 在温室大棚里, 有些农作物需要一定温度的水进行灌溉, 这就要求控制水温。在管道传输过程中, 温度的滞后性表现尤为明显, 给控制增加了难度。为此, 笔者选取盘管代替实际工程中的各种现场过程的管道传输, 研究出水口温度与进水口温度间的滞后环节, 选用 MCGSE 组态软件做上位机对现场状态进行监控, 希望能够为实际工程应用提供借鉴和参考, 从而使实际方案更加符合实际运作要求<sup>[1-9]</sup>。采用 s7-300, 系统将现场工业总线 MPI 网络作为载体, 以 WinCC-nexible 为监控软件组态的 HMTP277 作为人机操作界面, 构成一个分布式控制系统, 从而实现温度的自动控制。

## 1 控制对象建模与控制算法设计

### 1.1 盘管出水口温度控制对象建模

**1.1.1 数学模型的建立。**由于流经盘管的热水在温度上存在着纯滞后, 温度的传递测量也存在着纯滞后, 因此控制对象存在明显的纯滞后。分析盘管出水口温度控制对象的机理, 冷水进过锅炉内胆加热后, 通过水泵提供动力源, 热水流过盘管, 检测盘管出水口的温度, 具有非震荡特性和自平衡的特点, 是一个衰减最终稳定过程, 因此可以用比例环节、二阶惯性环节和一个延迟环节来简化。机理确定下来, 得到传递函数如下:

$$G(s) = \frac{Ke^{-\tau s}}{(T_1s+1)(T_2s+1)} \quad (1)$$

式中,  $K$  为过程放大增益。系统运行到稳态时, 输出的幅值与输入的幅值之比即为  $K$ 。  $T_1$  和  $T_2$  ( $T_1 > T_2$ ) 分别为两个不同的时间常数;  $\tau$  此处为纯滞后的时间常数。

由式(1)可知, 以上方法所建立的数学模型中包含  $K$ 、 $T_1$ 、 $T_2$  和  $\tau$  共 4 个等待测量的参数。该设计选用阶跃响应曲线法。

**1.1.2 数学模型的参数理论分析。**经分析可知, 盘管出水口温度控制对象的模型可以分解为二阶环节加上一个纯滞后环节, 如下式:

$$G(s) = G_1(s)G_2(s) \quad (2)$$

当输入为阶跃输入时, 得到的响应为:

$$Y(s) = R(s)G_1(s)G_2(s) \quad (3)$$

$$G_1(s) = \frac{K}{(T_1s+1)(T_2s+1)} \quad (4)$$

$$G_2(s) = e^{-\tau s} \quad (5)$$

式中,  $R(s)$  为输入变量;  $Y(s)$  为输出变量;  $G_1(s)$  为二阶惯性环节;  $G_2(s)$  是纯滞后环节。

令

$$Y_1(s) = R(s)G_1(s) \quad (6)$$

当给定激励为阶跃信号时,

$$R(s) = \frac{x_0}{s} \quad (7)$$

式中,  $x_0$  为某一常数。

二阶环节阶跃响应的表达式为:

$$Y_1(s) = R(s)G_1(s) = \frac{Kx_0}{s(T_1s+1)(T_2s+1)} \quad (8)$$

取拉式反变换:

**基金项目** 东北林业大学校级教改项目(DGY2011-02); 东北林业大学校级自动控制原理重点课程建设项目。

**作者简介** 徐泽远(1992-), 男, 山东汶上人, 本科生, 专业: 电气工程及其自动化。

**收稿日期** 2014-08-18

$$y_1(t) = Kx_0(1 - \frac{T_1}{T_1 - T_2}e^{-\frac{t}{T_1}} + \frac{T_2}{T_2 - T_1}e^{-\frac{t}{T_2}}) \quad (9)$$

可知:

$$K = \frac{y(\infty)}{x_0} \quad (10)$$

对式(9)作归一化处理(即得到的控制参数为与  $x_0$  无关)得:

$$y_1^*(t) = \frac{y_1(t)}{y_1(\infty)} = 1 - \frac{T_1}{T_1 - T_2}e^{-\frac{t}{T_1}} + \frac{T_2}{T_2 - T_1}e^{-\frac{t}{T_2}} \quad (11)$$

若选取  $y_1^*(t_1) = 0.4, y_2^*(t_2) = 0.8$ , 再从曲线上确定对应的  $t_1$  和  $t_2$ , 如图 1 所示, 即可得方程组:

$$\begin{cases} \frac{T_1}{T_1 - T_2}e^{-\frac{t_1}{T_1}} - \frac{T_2}{T_2 - T_1}e^{-\frac{t_1}{T_2}} = 0.6 \\ \frac{T_1}{T_1 - T_2}e^{-\frac{t_2}{T_1}} - \frac{T_2}{T_2 - T_1}e^{-\frac{t_2}{T_2}} = 0.2 \end{cases} \quad (12)$$

其近似解为:

$$\begin{cases} T_1 + T_2 \approx \frac{1}{2.61}(t_1 + t_2) \\ \frac{T_1 T_2}{T_1 + T_2} \approx (1.74 \frac{t_1}{t_2} - 0.55) \end{cases} \quad (13)$$

由此可知, 纯滞后延迟时间  $\tau$  的计算起点为阶跃给定的输入点对应的横轴时间点, 计算终点为系统的阶跃响应曲线开始有变化即出现非零值对应横轴时间点, 这段时间就是纯滞后延迟时间  $\tau$ ; 曲线的极限值即为静态增益  $K$ ; 得到  $t_1$  和  $t_2$  后, 由式(13)可求得  $T_1, T_2$ 。若满足  $0.32 < t_1/t_2 < 0.46$ , 说明模型建立基本准确。

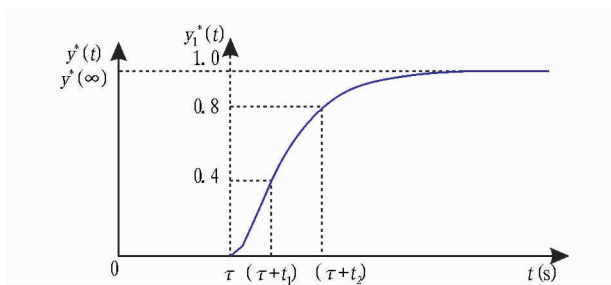


图 1 二阶纯滞后对象的阶跃响应

**1.1.3 控制对象的参数测定。** 具体试验过程为: 通过上位机 MCGS 组态环境的监控界面给三相电解热管通电加热, 打开三相磁力泵给盘管输送热水; 待盘管出水口温度稳定, 平衡在某一数值, 突增三相加热管的控制信号, 使其输出有一个正阶跃增量的变化(不宜过大); 经过一段时间, 盘管出水口温度达到新的平衡, 记录温度变化曲线和阶跃给定信号的大小(常数  $x_0$ )。

由图 2 可得,  $t_1/t_2 = 0.42$ , 满足二阶模型参数要求, 从记录的数据可以求出模型参数  $K, T_1, T_2$  和  $\tau$ , 即为:

$$G(s) = \frac{2.40e^{-9.48s}}{(6.19s + 1)(2.31s + 1)}$$

**1.2 控制算法选择** 该设计中选用 PID 控制算法, 经过仔细的参数整定, 可以使系统的控制对象得到满足要求的输出曲线。

**1.3 PID 参数理论整定** 已经求得传递函数, 并且该设计

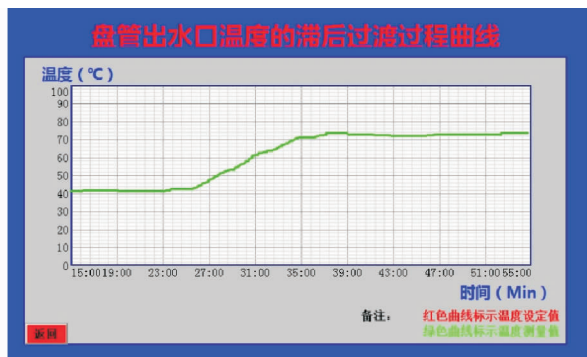


图 2 盘管出水口温度的阶跃响应曲线

系统存在着明显的滞后特性, 不需要太多的计算工作, 因此选用临界比例度法整定 PID 参数。经过 SIMULINK 仿真与整定参数为:  $K_p = 3.1, K_i = 0.055, K_d = 0$ 。对于该系统, 从图 3 仿真曲线可知, 用临界比例度法整定参数的 PID 控制调节时间较短, 具有很好的稳态性能, 但是超调较大, 实际调试中需要注意。

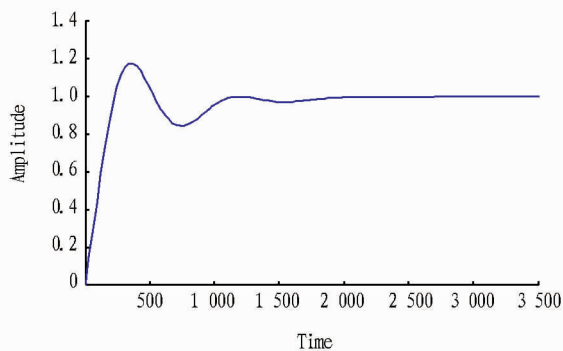


图 3 PI 控制器校正后的系统阶跃响应曲线

**2 系统硬件结构设计**

**2.1 系统方案** 系统的性能及设计目标为: 盘管出水口温度调节范围在  $30 \sim 100^\circ\text{C}$ , 误差  $\pm 1^\circ\text{C}$ 。该研究中的盘管温度控制系统总框图如图 4 所示。

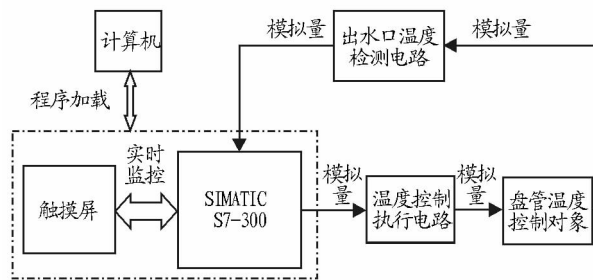


图 4 盘管温度控制系统框图

**2.2 S7-300 硬件设计** S7-300 的模拟量输入模块是重要的输入端口。图 5 是 SM331 的模拟量输入模块的端子接线示意图, 共 12 个输入通道。

**2.3 温度检测设计**

**2.3.1 温度传感器的选择。** 综合所有因素, 选择 PT100 铂电阻来测量盘管出水口温度。

**2.3.2 PT100 与 S7-300 的连接。** S7-300 的 CPU313C 集成了附加输入端口, 在没有外部转换、补偿等附加电路的情况下,

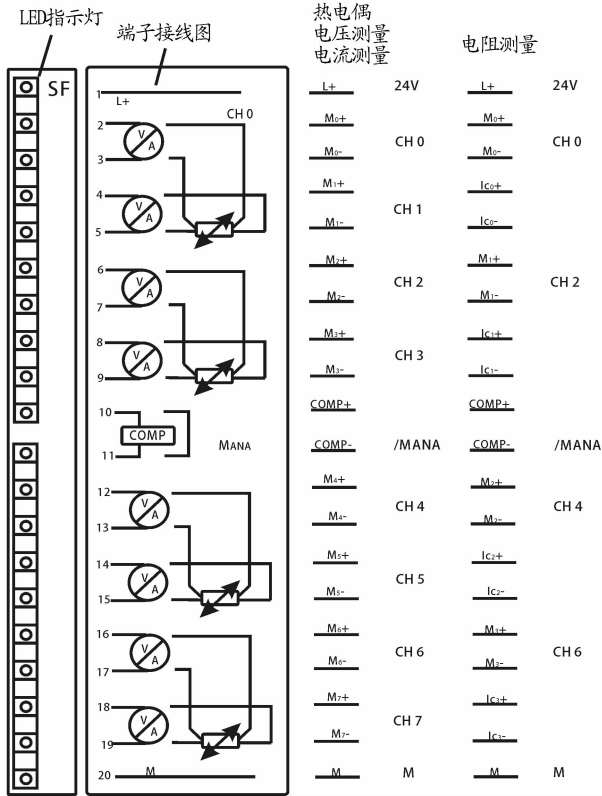


图5 SM331 AI 模块的接线示意图

可直接与热电阻、热电偶等温度传感器相连。与热电阻的连接采用4线连接的方式,充分考虑到内部电路补偿以及抑制外部未知信号干扰的影响。

**2.4 温度控制执行电路** 温度控制执行电路准备采用220V民用电作为电源,采用交流电源供电的方式加热。具体电路如图6所示。

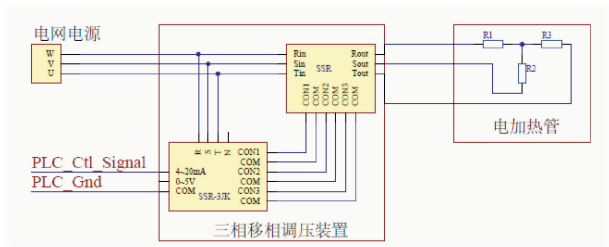


图6 温度控制的电路原理示意

**2.5 人机交互系统** 该设计中,拟采用工业监控组态软件作为上位机操作系统,选用配套的一体化触摸屏TPC7062Hi。作为成型的嵌入式一体化触摸屏,具有7英寸高亮度TFT液晶显示屏(分辨率800×480)和4线电阻式触摸屏(分辨率1024×1024),人机尺寸为227cm×163cm,输入电压24VDC,支持串口与PLC通信,USB接口与计算机连接进行程序下载。满足显示与操作要求,功耗低,性能可靠,接线简单,拆装方便。

**3 系统软件程序设计、调试**

在系统硬件与控制算法已经确定的基础上,控制算法用S7-300 PLC的实现方法,同时通过触摸屏的组态环境对控制对象进行监控,实际调试运行整定出满足控制要求的PID参数。

**3.1 S7-300 程序设计** 在SYEP7软件设计中,用户程序的编写是通过不同的“块”的形式实现的,这样结构化的编程上手简单,操作方便,可移植性强,可读性高。其程序流程见图7。

软件组态中,建立新工程,编辑符号表,定义软件程序中用到的数据变量,根据对系统控制任务的规划,需要向用户程序中添加的程序块有OB1、OB35、FB41、DB41。

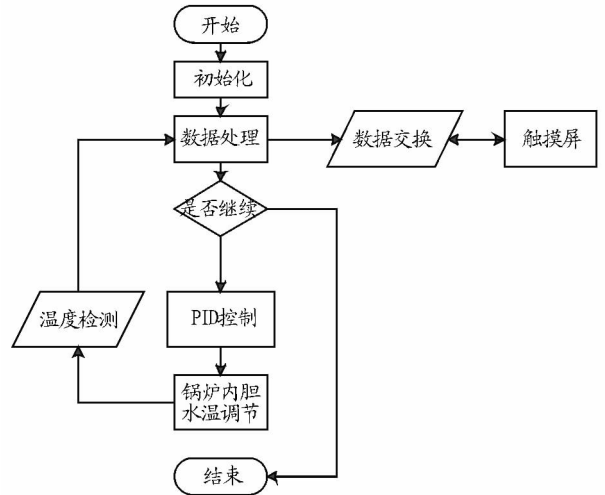


图7 程序流程图

OB1 是对应于循环执行的主程序的程序块,它是STEP7程序的主干。

OB35 实现的功能为循环中断,在OB35中调用PID功能块,判断PID块是否处于工作状态,进而实现自动输出与手动输出的切换。设定输出上限和输出下限,保护输出端口,使温度执行机构工作在安全范围内,避免疲劳工作造成危险,设定DB模块中参数,更新PID控制器中的P、I、D各个控制部分的参数数据。

FB41 是系统集成的PID功能块,可以软件设定PID控制规律的工作与否,若MAN\_ON变量值为TRUE,则为手动工作方式,控制器的输出取决于手动输入值MAN;反之,通过关联DB41块,从中读取PID控制指令与参数值,其中P\_SEL、I\_SEL和D\_SEL分别为比例、积分和微分控制开关,变量值为TRUE时响应控制作用有效,读取设定值SV和当前传感器检测的数值PV\_IN进行做差,经过PID运算后,与输出上下限进行比较,合理的输出值送到输出通道MV。

DB41 作为FB41的数据块,输入输出变量作为FB41的数据源,FB41所需的控制数据存储在DB41中。CPU将PID参数以及其他数据存储在DB41中,刷新原有的数据,并将控制参数发送给FB41,进而实现PID控制。

**3.2 MCGSE 组态系统监控组态** 用户窗口作为实际系统监控的显示与操作窗口,共组态5个不同的用户窗口,分别为欢迎窗口、盘管温度控制系统窗口、实时曲线窗口、历史曲线窗口、数据浏览窗口。

**4 结论**

在工农业控制过程中,温度一直是一个非常重要的控制对象,该设计针对温度控制过程中传输延时的现象,选取盘

资产等定期或不定期地进行清查盘点,做到账账、账实相符。建立固定资产卡片,定期对实物进行盘点,各部门及项目组之间合理调剂闲置的资产,物尽其用。

**2.3 强化规章制度执行力,规范财务行为** 根据《会计法》、《事业单位财务制度》等法律法规的规定,结合单位实际,从审批程序、票据管理、会计核算与监督、财务报账处理流程等拟定财务制度,加强责任控制,采取现场检查及考评奖惩等管理措施,达到用制度管人管事的目的,才能更好地服务于科研工作。财会人员要对日常业务、资金往来、财务核算等各个方面加强内部控制,整合资源,并对科研与生产的全过程进行管理,规范财务行为。

**2.4 创新财务管理手段,加强人才培养** 财会人员要不断加强科技知识、专业技能的学习,不断更新知识,并计划地对财务人员进行培训、轮岗,鼓励和支持财会人员的工作,使他们注重研究单位财务管理,树立“风险观念”,达到能够胜任新形势下农业科研单位财务工作的要求。主动与各部门、各项目组之间沟通、对接,换位思考,做到大事有原则,小事有灵活,充分利用会计电算化系统,实现适时的远程数据传输,实行网络化管理,把财务与仓管、科研、采购、项目等紧密联系起来,做到任何一项变动因素出现时,单位能够获得全面的、最新的信息。综上所述,针对农业科研单位存在的财务管理方面的一些问题,结合单位实际提出对科研生产费实行预算管理。从更新管理理念,确保财务工作更好地服务科研项目,健全制度,整活资源,提高资产使用效率,强化规章制度执行力,规范财务行为,创新财务管理手段,加强人才培养,提高财务管理效率等方面着手加强财务管理,提

(上接第 10002 页)

管出水口温度控制对象作为简化模型,运用 SIMULINK 仿真,得到理想状态下的 PID 参数,设计了系统整体方案,比较选择硬件控制电路,编写 S7-300 的控制程序,对 MCGSE 监控软件进行组态,设计友好的实时监控界面。该设计硬件成本低,实际应用范围广,软件程序简介易懂,组态界面友好且可视化程度高,适合推广。

实际调试过程中,还会涉及到程序修改、参数整定、系统调试、硬件更新、环境因素等诸多问题,系统设计中存在着一些不足之处。例如,针对于滞后环节,单回路 PID 算法难以达到更高的控制要求,设计中可以加入预估计 Smith 算法,针对于滞后环节,进行较好的参数整定与控制。

鉴于本身水平有限,设计中不免还存在许多不足,在调试过程中,只要发现问题,就要从硬件、软件、环境适应能力

高财务管理水平。这样才能更好地为管理层提供真实、可靠、完整、及时的财务信息,实现农业科研单位规范、快速发展。

### 3 结语

针对农业科研单位存在的财务管理方面的一些问题,农业科研单位要从实际出发,分析目前财务管理中存在的问题,结合国家财经法律法规的规定,积极探索适合本单位发展的财务管理体系,为农业科研单位快速发展提供良好的财务服务环境<sup>[3]</sup>。切实保证科研项目的顺利实施。建立科学、合理、规范的财务管理制度,充分保障农业科研单位试验研究、成果转化等各项工作顺利进行。只有充分发挥财务管理的核心作用,农业科研单位才能稳定、健康、协调发展<sup>[4]</sup>。更好地为管理层提供真实、全面、及时的财务信息,实现农业科研单位规范、快速的发展。

随着农业科研单位发展的需要,新理论和新机制也会在发展的同时得到进一步的提升。财务人员要在实际的工作中,继续关注和学习农业科研单位财务管理的最新知识,力求做好科研项目的服务。

### 参考文献

- [1] 盈明余,税小华,康忠芳,等. 农业科研事业单位财务管理主要问题研究[J]. 农业科研经济管理,2011(1):25-28.
- [2] 李阿红. 完善农业科研经费财务管理工作的思考[J]. 吉林蔬菜,2009(6):54-60.
- [3] 龚正越. 农业科研单位财务管理问题对策与思考[J]. 中国外资,2013(1):130.
- [4] 崔晓梅. 浅论当前农业科研单位财务管理中存在的问题及解决对策[J]. 宁夏农林科技,2012,53(7):128.

等方面为切入点,及时解决问题。

### 参考文献

- [1] 顾文照. 运放滞回比较电路在差动式温度控制中的应用研究[J]. 数据采集与处理,1994,9(4):278-281.
- [2] 宋春光. 基于 DSP 的加速度计温度控制系统设计与研究[D]. 西安:西安电子科技大学,2010.
- [3] 叶建美. 基于 PLC 的瓦楞原纸模糊 PID 温度控制系统的设计与应用[D]. 杭州:浙江工业大学,2009.
- [4] AVLONITIS S A. PC based SCADA system and additional safety measures for small desalination plant[J]. Desalination,2004,165:165-176.
- [5] 张伟强,王立名,苏国霞,等. PLC 及嵌入式 MCGSE 组态软件在给水系统中的应用[J]. 电子元器件应用,2007,9(12):15-19.
- [6] 王蕾,宋文忠. PID 控制[J]. 自动化仪表,2004,4(4):1-6.
- [7] 何之强. PID 控制器参数整定方法及其应用研究[D]. 杭州:浙江大学,2005.
- [8] 梁伟栋,郭浩. MCGS 组态软件设计及其应用[J]. 广东自动化与信息工程,2005(1):33-35.
- [9] 张文明,刘志军,曹丽霞,等. 组态软件控制技术[M]. 北京:清华大学出版社,2006.