

文章编号:1671-251X(2015)11-0078-03

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2015.11.019

魏福鹏,乔铁柱.基于分治思想的恒速升温 PLC 控制系统设计[J].工矿自动化,2015,41(11):78-80.

基于分治思想的恒速升温 PLC 控制系统设计

魏福鹏, 乔铁柱

(太原理工大学 新型传感器与智能控制教育部重点实验室, 山西 太原 030024)

摘要:基于实用性、低成本及高精度控制考虑,设计了基于分治思想的恒速升温 PLC 温控系统。该系统将升温过程分为多个升温子单元,并计算每个升温子单元的升温时间及设定温度,最后依次执行升温子单元。用最小二乘法拟合升温曲线,得到拟合温度曲线升温速率与理论温度曲线升温速率之间的误差为 3.62%,表明该系统控制精度较高,升温速率误差较小。

关键词:分治思想;恒速升温;PLC;曲线拟合

中图分类号:TD679

文献标志码:A

网络出版时间:2015-11-02 14:59

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20151102.1459.019.html>

Design of PLC control system of uniform velocity temperature rise
based on idea of devide and conquer

WEI Fupeng, QIAO Tiezhu

(Ministry of Education Key Lab of Advanced Transducers and Intelligent Control System,
Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract:PLC control system of uniform velocity temperature rise based on idea of devide and conquer was designed based on considerations of practicability, low-cost and high-precision control. The system divided the heating process into multi sub-units, and calculated heating time and set temperature for each sub-unit, and finally execute heating sub-unit successively. Least squares method was used to fit temperature curve, and the error of temperature rise rate between fitting temperature curve and theoretical temperature curve was 3.62%, it indicated that the system has high precision control and small error of temperature rise rate.

Key words:idea of devide and conquer; uniform velocity temperature rise; PLC; curve fitting

0 引言

PLC 作为一种高性能控制器,具有可靠性高、抗干扰能力强、能耗低等优点^[1],被广泛应用于工业温度控制领域。温度控制通常包括恒温控制和恒速控制,由于温控装置具有较大的滞后性和非线性,所以恒速控制很难实现。在传统温度控制领域,基于 PID 算法的温度控制器响应速度快,鲁棒性好,且设备运行稳定^[2],但是对于升温速率的控制,PID 算法

精度低,且参数不能自行整定。此外,可以将模糊控制 PID 算法应用于恒速升温系统^[3-5],但是模糊理论具有先天性的不足,整个控制过程都是“定义”,每种“定义”都有优缺点,且模糊控制规则表的获得较为繁琐。因此,基于实用性、低成本及高精度控制考虑,本文将分治思想应用于 PLC 温控系统,将升温过程分为多个升温子单元,简化了硬件需求,实现了高精度恒速升温。本文介绍的恒速升温 PLC 控制系统主要应用于矿用钢丝绳双向拉伸设备。该系统

收稿日期:2015-08-10;修回日期:2015-09-18;责任编辑:胡娴。

基金项目:山西省特色学科项目[晋教财[2012]145号](80010302010053)。

作者简介:魏福鹏(1989—),男,辽宁丹东人,硕士研究生,研究方向为新型传感器与智能控制、故障检测技术与煤矿电气自动化等,E-mail:1628909688@qq.com。

通过热电偶采集钢丝绳温度,经热电偶模块将参数传至 PLC,PLC 控制程序通过计算得到输出控制信号,控制固态继电器开关状态,从而控制加热器是否加热。

1 系统硬件组成

恒速升温 PLC 控制系统包括上位机、PLC 处理器、触摸屏、K 型热电偶及加热器等,如图 1 所示。

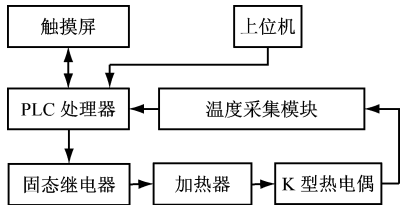


图 1 恒速升温 PLC 控制系统组成

系统启动前,操作员将控制参数输入 PLC 寄存器;系统启动后,控制程序读取并分析寄存器内控制参数,经 PLC 数字量 I/O 口将开关量信号输出至触摸屏。此外,触摸屏设置急停按钮以随时停止加热过程;同时增加显示画面,以实时显示温度数据。

温度回路实现温度信号的实时采集、传输、处理及钢丝绳的加热。K 型热电偶测量精度高,测量范围广,且具有较好的稳定性。为减小随机误差,本文采用 8 路 K 型热电偶实时采集温度信号,并取 8 路信号平均值作为当前钢丝绳温度。采用测温模块 EM231 为 S7-200 系列 PLC 连接热电偶提供接口,采用 8 路热电偶模块采集温度信号并通过总线传至 PLC 寄存器,为控制程序提供实时温度数据。基于分治思想的恒速升温系统需要频繁通断加热器,为避免机械设备损坏,本文将固态继电器用于温度回路,在避免机械接触的同时,为系统提供了一定保护功能。

2 系统程序设计

2.1 分治算法

分治算法的基本出发点是将一个规模较大的问题分解为多个规模较小的子问题,这些子问题相互独立且与原问题性质相同,解决子问题,即可找出原问题的解。分治思想的基本原理是分、治、合,对应分治算法的 3 个步骤是分解、求解、合并^[6]。

依据分治算法的 3 个步骤,控制过程将分 2 步执行:划分子单元,即对原问题的分解,将升温过程分为 n 个升温子单元,并计算每一升温单元的升温时间及设定温度;执行与合并过程即依次执行每一升温子单元,直至升温过程结束。PLC 程序流程如

图 2 所示,其中 $t(k)$ 和 $t(n)$ 分别表示第 k 个和第 n 个子单元的理论结束时间。

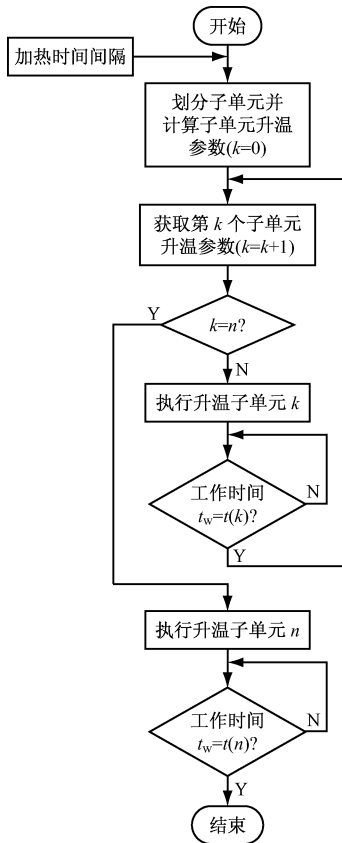


图 2 PLC 程序流程

2.2 子单元划分

分解方法通常以原问题为基础,从上至下层层分解,直至分解为可以直接求解的子单元。本文对原问题进行一次分解,并以升温时间为整体,操作员输入时间间隔为基准,计算子单元个数 n 。各子单元与原问题性质相同,即由传感器获取当前钢丝绳温度,以升温时间及设定温度作为升温参数,区别在于原问题中升温参数由操作员根据需要输入,而子单元由 PLC 程序计算获得。依据分治思想的子单元个数及升温参数可得

$$\begin{cases} n = \left\lceil \frac{t}{s} \right\rceil \\ T_k = \frac{T-C}{n}k + C \\ t_k = \begin{cases} t-s(n-1) & k=1 \\ s & k=2,3,\dots,n \end{cases} \end{cases} \quad (1)$$

式中: t 为设定升温时间; s 为加热时间间隔; T_k 为第 k 个子单元的设定升温温度; T 为设定升温温度; C 为启动系统前钢丝绳初始温度; t_k 为第 k 个子单元的升温时间。

加热时间间隔 s 的值与每个子单元的升温时间

密切相关, s 过大会导致系统误差较大, 若 s 较小, 由于硬件设备的限制, 会导致系统无法正常工作。因此, 时间间隔应该在系统使用前经过多次测试设定。此外, 需要获取第 $k-1$ 个升温子单元升温结束后的钢丝绳温度 T_c 作为第 k 个子单元钢丝绳的初始温度, C, T_c 均由 8 路 K 型热电偶测量并取平均值。

2.3 执行与合并

执行过程即根据子单元升温参数依次执行各个子单元, 而 PLC 程序采用循环扫描工作方式, 为终止程序, 需判断当前单元是否为最后一个子单元。程序内设置升温时间计时器, 记录系统工作时间 t_w , 各子单元依次执行, 以时间触发子单元开始和结束。为触发第 $k+1$ 个子单元, 需计算第 k 个子单元的理论结束时间 $t(k)$:

$$t(k) = \sum_{i=1}^{k-1} t_i \quad (2)$$

程序执行过程中, 每个扫描周期都需比较 t_w 与 $t(k)$ 的大小, 当 $t_w = t(k)$ 时, 结束当前子单元, 开始下一子单元, 依次执行, 直至升温过程结束。

3 系统测试与性能分析

在矿用钢丝绳加热拉伸设备中进行系统测试, 对 1 根长为 0.5 m 的标准 6 股钢丝绳恒速升温, 钢丝绳初始温度为 23.52 °C, 设定温度为 54.60 °C, 设定升温时间为 34.63 min, 加热时间间隔为 0.05 min, 钢丝绳温度实时曲线如图 3 所示。

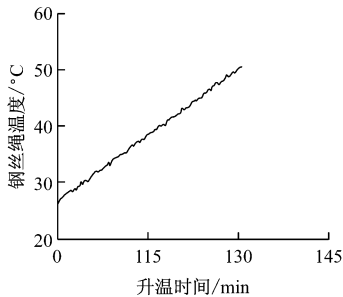


图 3 钢丝绳温度实时曲线

为测试升温系统的性能, 对钢丝绳温度实时曲线每隔 6 s 抽取温度数据点, 并将其中 300 个温度数据点作为数据样本, 在 Matlab 中利用最小二乘法拟合钢丝绳实时升温曲线为一次函数, 此外, 根据输入升温参数计算理论升温函数, 得

$$\begin{cases} T_p = 0.930\ 0t + 28.080\ 0 \\ T_i = 0.897\ 5t + 23.520\ 0 \end{cases} \quad (3)$$

式中: T_p 为拟合函数对应温度; T_i 为理想函数对应温度。

拟合升温曲线与理想升温曲线对比如图 4 所示。图 4 中理论温度曲线和拟合温度曲线的斜率为升温速率, 计算求得拟合曲线升温速率误差为 3.62%, 由此可以看出, 该系统具有精度高、误差小的特点。

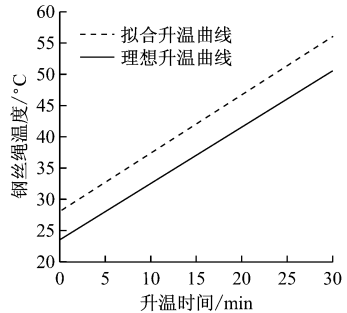


图 4 拟合与理想升温曲线对比

4 结语

设计了基于分治思想的恒速升温 PLC 控制系统, 测试结果表明, 该系统实际升温速率接近理想升温速率, 且控制精度高、误差小, 在材料恒速升温领域具有较高的应用价值。

参考文献:

- [1] 黄位华, 宋建成, 曲兵妮. 基于 PLC 的水量监测系统的设计[J]. 工矿自动化, 2012, 38(5): 96-99.
- [2] 胡世军, 张红香, 张代录. PLC 应用于温度控制系统的研究[J]. 锻压技术, 2014, 39(1): 118-120.
- [3] 张闯志, 张晓光, 刘立军, 等. 模糊 PID 控制器在火电厂温度控制系统中的应用[J]. 工矿自动化, 2009, 35(5): 108-111.
- [4] 周黎英, 赵国树. 模糊 PID 控制算法在恒速升温系统中的应用[J]. 仪器仪表学报, 2008, 29(2): 405-409.
- [5] GIZI A J H A, MUSTAFA M W, ZAIDI K M A A, et al. Integrated PLC-fuzzy PID simulink implemented AVR system[J]. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2015, 69: 313-326.
- [6] 汪力君. 分治算法在排课系统中的分析与应用[J]. 安徽建筑工业学院学报: 自然科学版, 2007, 15(6): 60-62.