

动力技术

基于STM32的PID和PWM温度控制系统研究

郭智源 韩建 张西鹏 张彦龙

(东北石油大学电子科学学院,大庆 163318)

摘要 研究基于STM32单片机控制的水温高精度智能控制系统。采用分段PID控制和PID参数整定相结合算法及控制可控硅导通相角升温和PWM进行系统降温技术相结合的温控方法。实验结果表明静态温度和动态温度控制精确,波动系数小,系统稳定。

关键词 STM32 智能控制 PID算法 PWM

中图分类号 TN39; **文献标志码** B

一些应用领域要求较高的恒温控制系统中,需有较强温度稳定性。本系统采用基于STM32单片机^[1]为核心控制,STM32内含2个12位的ADC、3个通用16位定时器和1个PWM定时器,丰富的外设接口。采用控制可控硅相角加热升温和PWM^[2]控制直流电压降温相结合,通过软件编程实现分段PID控制算法^[3],使系统具有控制温度精度高,稳定性强特点,精确度达到0.1℃,波动系数小于0.5℃。

测量范围宽,系统稳定性较强等特点。

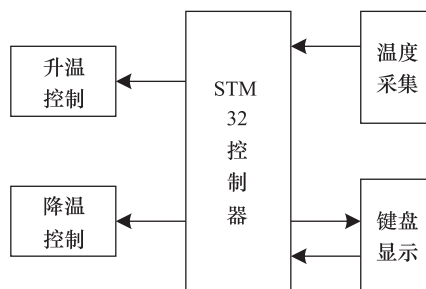


图1 整体框图

1 实施方案

图1为整体实现框图,为了对于交流负载做到温度精确,升温采用控制双向可控硅导通角度进行升温控制。降温采用PWM电压控制,因为当前降温采用制冷片,风扇等降温手段,采用直流电压供电方式,选用PWM控制使降温更加精确。温度采集选用温度传感器PT1000,好处为可做到高精度,

1.1 温度采样部分

采用铂电阻PT1000温度传感器,采用桥式电路调节精确,精度较高。信号调理放大选用仪表运放AD620和OP07,如图2所示。选用STM内部12位A/D进行数值转换,电路简单方便。通过选用高精度电压稳压芯片REF和电路调整,使测温分辨率能够提高到0.10~0.01℃。

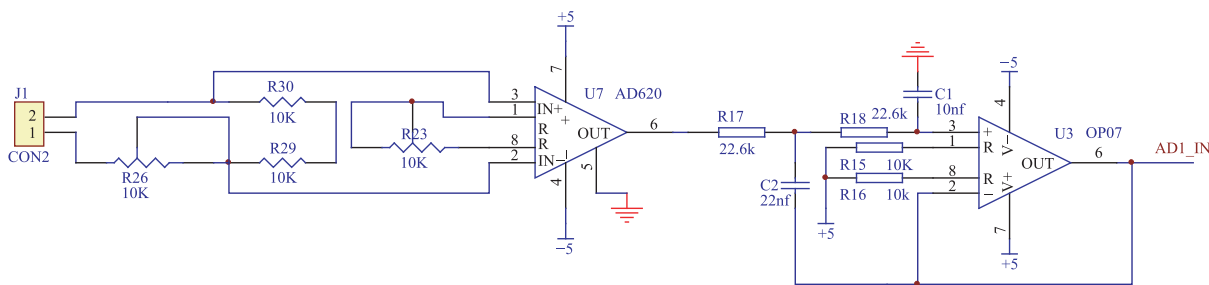


图2 温度采集电路

1.2 升温控制电路

采用 MOC3021 和可控硅的功率控制电路,图中 MOC3021 是可控硅输出的光电耦合器, BTA41600B 是双向可控硅,加热设备采用 220 V 交流供电。在 MOC3021 内部不仅有发光二极管,而且还有一个小功率双向可控硅。控制驱动电路如图 3 所示。

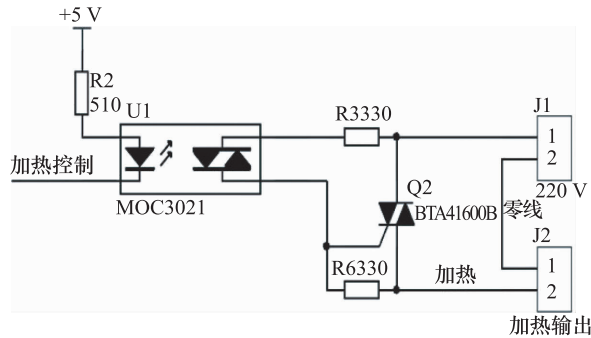


图3 升温驱动电路

如图4所示是一种可实现的交流电过零检测电路,通过变压器将220V交流电降压为12V后进行过零检测,将检测信号送到STM32,延时输出触发信号,触发双向可控硅导通,通过光耦合器输出过零检测信号,避免交流电平干扰,其安全性可靠性高。

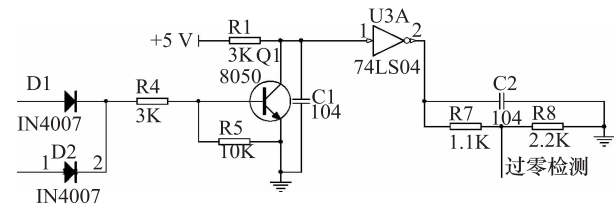


图4 过零检测电路

过零检测电路控制每个周期内导通相角的大小,在下一个零点到来时截止,从而可以对交流电的半个周期的有效值周期性调节。经过实验得出电压有效值与延时时间的关系曲线如图5所示。

1.3 降温控制部分

降温设备采用直流供电方式,由于本系统采用了两部分降温设备,采用制冷片和风扇降温。采用PWM控制,周期选用0.01s,由PID算法控制PWM占空比,降温驱动由光耦隔离,电路图如图6所示。

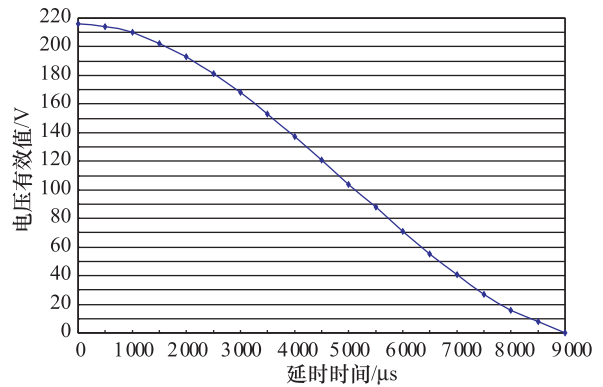


图5 电压有效值与延时时间的关系曲线

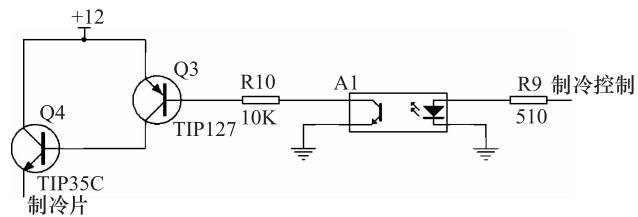


图6 降温驱动电路

2 PID控制算法

由于该系统为闭环控制系统采用PID控制算法。该系统降温部分采取PWM作为控制量,升温部分把电压有效值作为控制量。故采取数字PID增量型控制算法。数字PID增量型控制算式如式(1)所示。

$$\Delta u(k) = K_p [e(k) - e(k-1)] + K_i e(k) + K_d [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)] \quad (1)$$

式(1)中: K_p 为比例系数; $K_i = K_p \frac{T}{T_i}$ 为积分系数; $K_d = K_p \frac{T_d}{T}$ 为调整系数。

本设计为了实现使待测水温的静态误差在 0.2°C 范围以内,温度设定范围为 $10 \sim 70^\circ\text{C}$,最小区分度为 0.1°C 。采用分段PID算法,不同区间PID系数不同,达到更加精确温度控制。

3 功能测试及结果分析

传感器标定,精度为 0.1 °C 的高精度水银温度计。

3.1 静态温控测量

测量方式:环境温度 28 °C,测量装置装入 1 L 室温的水,测量结果如表 1 所示。

表 1 静态温控测量

设定温度/°C	15.1	25.0	30.0	50.0	65.0	45.0
测量温度/°C	15.3	25.0	30.0	50.1	65.1	45.1
静态误差/°C	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1

3.2 动态温控测量

设定控温温度,测量结果如表 2 所示。

表 2 动态温控测量

设定温度/°C	15.1	25.0	30.0	50.0	65.0	45.0
超调温度/°C	15.4	25.3	30.2	50.4	65.8	45.5
变化范围/°C	14.9—	24.9—	29.9—	49.5—	64.6—	43.2—
	15.4	25.3	30.2	50.4	65.5	45.5

以上测量可见,静态测温的精度主要有前端传

感器所决定,可以达到比较好的精度。在控温指标中,影响系统性能的因素非常多,需反复试验比较。PID 算法方面在上升时间和超调量之间作权衡,选出较好的 PID 系数。

4 结论

采用 STM32 单片机系统使电路结构简单,开发方便灵活,采用升温和降温两种不同方案结合控制温度,经校准可使温度稳定性较高,在电路中采用 MOC3021 集成芯片,简化功率控制电路,大大提高了系统的稳定性和可靠性。通过分段 PID 系数及 PWM 周期控制能达到较好的温度控制要求,温度波动系数小,实现了节能低功耗。

参 考 文 献

- 1 李 宁. 基于 MDK 的 STM32 处理器开发应用. 北京:北京航空航天大学出版社,2008
- 2 张 华,龚义建. 一种微型高精度 PWM 温度控制器的设计. 光学与光电子技术,2004;2(2): 29—31
- 3 张嘉英,王文兰. 再热汽温控制系统的 DMC-PID 仿真研究. 自动化仪表,2010;31(6):58—60

Researched on the System of Temperature Control Based on the PID and PWM of STM32

GUO Zhi-yuan, HAN Jian, ZHANG Xi-peng, ZHANG Yan-long

(College of Electronic Science Notheast Petroleum University, Daqing 163318, P. R. China)

[Abstract] the system of intelligent control of water temperature is researched which controlled by SCM based on the STM32. This system has high-precision, it is using the algorithm combined the control in sections and confirm the parameters of PID. The temperature under the control of phase-angle of controllable-Si conductivity when need to higher it, and using the technology of PWM to lower it. Results show that the system has high precision in both static and dynamic, low volatility in coefficient and excellent stability in performance.

[Key words] STM32 intelligent control algorithm of PID PWM