

基于 PWM 的模糊 PID 温度控制系统研究

李 涛, 王圆妹

(长江大学电子信息学院, 湖北 荆州 434023)

摘 要: 在入井液动态损害仿真系统中温度是一项重要的影响因素。本文设计了一种基于脉冲宽度调制(PWM)技术的精确闭环温控系统。该系统采用以单片机为核心的数字电路控温技术, 自适应模糊 PID 控制算法, 通过脉宽调制的方式改变加热器件的加热功率, 实现对温度的高精度控制。仿真结果表明, 这种控制方式控制效果优于常规 PID 控制, 有效地改善了系统的动态性能、稳态精度和鲁棒性。

关键词: 脉冲宽度调整; Fuzzy-PID 算法; 温度控制

中图分类号: TP216 文献标识码: B 文章编号: 1003-7241(2008)10-0032-03

A Fuzzy-PID Temperature Control System Based on Pulse-width Modulation

LI Tao, WANG Yuan-mei

(Department of Electronics and Information, Yangtze University, Jingzhou 434023 China)

Abstract: The temperature is one of the important influential factors in the drilling fluid damage simulation system. This paper presents the temperature control system based on the pulse-width modulation (PWM) technique. A Fuzzy-PID algorithm is proposed. The simulation result is also given.

Key words: pulse-width modulation; Fuzzy-PID algorithm; temperature control

1 引言

入井液损害仿真系统是用来评价入井液对油气层的损害深度和程度、优选入井液的。不同的入井液对油气层的损害是截然不同的, 选用合适的入井液可以达到保护油气层的目的^[1,2]。要正常应用入井液损害仿真系统的评价作用首要的就是要模拟井下高温高压的环境。其中温度是一项要求精度高但又难以精确控制的、重要的影响因素, 因此设计一种高精度的温度控制系统是非常有必要的。目前温度控制的方法主要采用常规 PID 和以经典控制理论为基础结合多种控制手段的控制, 这些方法只适用于动态性能良好而且控制性能要求不高的线性系统。温度变化的时滞性、非线性、时变性和难以建立数学模型的特性决定了用传统的单一控制手段很难实现温度的精确控制, 因此本文提出基于软

件脉宽调制技术的模糊 PID 温控方法, 并利用仿真实验验证了所得的结论。

2 系统结构及工作原理

系统选用 89C51 单片机作为温度控制的中央处理机, 即下位机; 选用 PC 机作为上位机, 完成对下位机及现场的监控、对下位机采集到的数据进行分析、处理及实时显示数据变化曲线等任务。二者之间由串行通信完成数据交互。系统结构框图如图 1 所示。

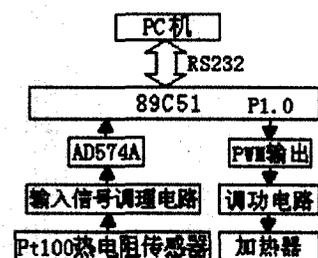


图 1 系统结构框图

首先由Pt100热电阻温度传感器所测得的温度实际值通过信号调理电路和12位的AD574A转换后送入单片机89C51;然后测量出的温度实际值和设定的目标温度值进行比较,所得的差值经自适应模糊PID算法得出控制量,控制PWM波的输出占空比。利用软件脉宽调制技术,由P1.0脚输出相应的PWM波,实现固态继电器的通断控制,从而控制加热器的加热功率。

3 系统软件设计

系统软件由上位机管理软件和下位机控制器应用软件组成。

3.1 上位机软件设计

上位机管理软件是在Windows XP操作平台上,利用Visual C++ 6.0开发。具有的功能包括对下位机发出各种控制指令,用键盘给出温度控制量,并通过下位机向执行机构送出;实时显示温度并记录温度数据;以图形方式显示、打印温度变化曲线。

3.2 下位机软件设计

1) 下位机软件设计主要包括:A/D采样程序设计、PWM波的设计、模糊PID控制算法设计、与上位机通信程序设计等。下位机主程序流程图如图2所示。

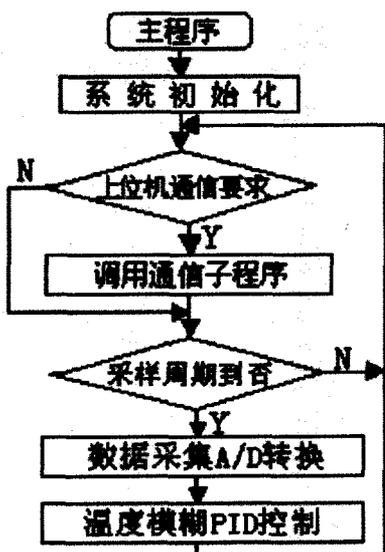


图2 下位机主程序流程图

2) PWM波的设计

PWM控制采用软件定时器实现,定时器以工频周期为基本计数周期进行减法定时,定时中断程序流程图

如图3所示。定时器采用工作方式2,时基定为20毫秒。这里假定PWM波的周期为4秒,把每个周期分成 $M=200$ 份,由模糊PID算法得到一个 $0\sim 200$ 之间整数形式的输出控制量 N 。一个周期开始时 $M=200$,P1.0脚输出高电平,加热器停止加热,每20毫秒 M 减1,当 M 小于等于由PID算法得出的控制量时,P1.0脚电平翻转输出低电平,这时加热器开始加热,直到 M 减为0,重新开始下一个控制周期。等到下一周期开始P1.0脚电平又被置为高电平,如此反复进行便产生温度控制的PWM波。

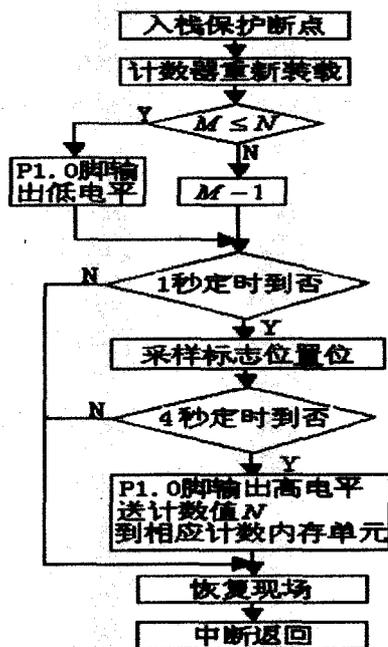


图3 定时中断程序流程图

3) 模糊PID控制算法的设计

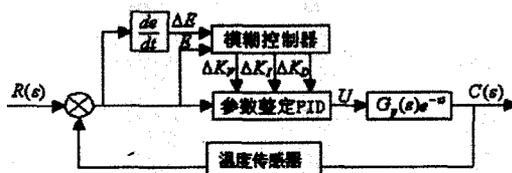


图4 模糊PID控制原理框图

温度变化的非线性、时变性和难以建立数学模型的特性决定了用常规PID^[3]控制器通常很难达到理想的控制效果。在实际生产现场中,因受到参数整定方法繁杂的困扰,常规PID控制器参数往往整定不良、性能欠佳、对被控过程的适应性差。针对上述问题,利用模糊控制具有不用建立数学模型,鲁棒性好等优点提出了模糊PID控制^[4,5]。以温度的误差 E 及误差的变化率 ΔE 作

为模糊控制器的输入变量，经过模糊推理，输出量为PID参数的修正量 ΔK_p 、 ΔK_I 、 ΔK_D 。在线实时整定PID的三个参数：比例系数 K_p 、积分系数 K_I 、微分系数 K_D ，从而实时调整PID的输出控制信号，实现对PWM信号占空比的精确控制。原理图如图4所示。

将温度的变化 E 及温度的变化率 ΔE 以及3个输出 ΔK_p 、 ΔK_I 、 ΔK_D 的变化范围定义都定义为模糊集上的论域： $\{-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3\}$ ，其模糊子集为 E 、 ΔE 、 ΔK_p 、 ΔK_I 、 $\Delta K_D = \{NB, NM, NS, ZO, PS, PM, PB\}$ ，子集中元素分别代表负大，负中，负小，零，正小，正中，正大。根据模糊控制理论的原则，并且考虑到对论域的覆盖程度和灵敏度，稳定性和鲁棒性原则，本系统中的各模糊子集以三角形为隶属度函数曲线，因此相应的隶属度函数曲线如图5所示。

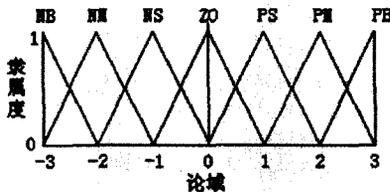


图5 E 、 ΔE 、 ΔK_p 、 ΔK_I 、 ΔK_D 的隶属度函数曲线

根据多次实验的温度控制经验和PID参数整定的一般规律^[4-6]，得到针对 ΔK_p 、 ΔK_I 、 ΔK_D 三个参数分别整定的模糊控制表，表1给出了 ΔK_p 的模糊控制表。根据整理出的模糊控制规则进行 ΔK_p 、 ΔK_I 、 ΔK_D 三个参数的自适应校正。

表1 模糊控制规则表

ΔK_p \ ΔE	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	PB	PB	PM	PM	PS	PB	PB
NM	PB	PB	PM	PS	PS	ZO	NS
NS	PM	PM	PM	PS	ZO	NS	NS
ZO	PM	PM	PS	ZO	NS	NM	NM
PS	PS	PS	ZO	NS	NS	NM	NM
PM	PS	PS	NS	NM	NM	NM	NB
PB	NB	NB	NM	NM	NM	NB	NB

4 仿真

根据温度传递的大滞后、大惯性的主要特性，将被控的温度控制对象简化为一个带有纯滞后的一阶惯性环节。其传递函数为

$$G(s) = \frac{1}{16s+1} e^{-10s}$$

在同一阶跃信号下，分别对模糊自适应PID控制与常规PID控制方法进行仿真，仿真曲线如图6所示。

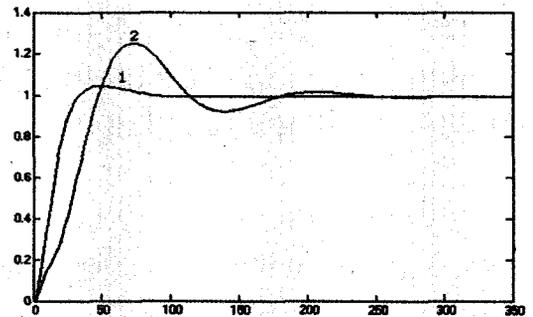


图6 系统响应曲线(曲线1、2分别是模糊PID、常规PID控制仿真曲线)

5 结束语

本文采用软件脉宽调制技术，利用模糊PID算法控制单片机输出占空比可变的PWM信号，实现了对温度的精确控制。

参考文献:

- [1] 江厚顺,王允富,侯立朋,许朝旭.入井液的快速筛选及地层损害预测系统研究[J].钻井液与完井液,2005,22(4):37-39.
- [2] 李涛,翁惠辉,王圆妹.基于单片微机的入井液动态损害仿真系统设计[J].仪器仪表与分析监测,2004,(1):4-6.
- [3] 王骥成,祝和云.化工过程控制工程[M].北京:化学工业出版社,2002.
- [4] A VISIOLI.Tuning of PID controllers with Fuzzy Logic[J].IEE Proc.Control Theory Application,2001,148(1):1-8.
- [5] REZNIK L,BOURMISTROV A.PID plus fuzzy controller structures as a design base of industrial applications[J].Engineering Application of Artificial Intelligence,2000,13(4):419-430.

作者简介:李涛(1974-),男,博士,研究方向:智能控制。