

• 电路与控制 •

基于 MSP430 的智能人体表面温度监控系统

罗 勇, 蔡红卫, 何湘艳, 王焕友

(湘南学院物理与电子信息工程系, 湖南 郴州 423000)

摘 要: 介绍了人体表面的低温现象与低温治疗的控制平台。该控制平台以 MSP430 微处理器为控制核心, 以上位机及 TFT 触摸液晶屏作为操作显示界面, 以基于蚁群算法的变参数预测 PID 作为核心算法, 该算法通过将神经网络作为预测模型, 利用蚁群算法的全局寻优能力在线优化 PID 的控制参数, 实时监控人体的温度。实验结果表明, 系统经该算法处理后, 单位阶跃响应的超调量和调控时间大幅减少, 动态和稳定性得到了大幅改善, 能准确而迅速地将人体表面温度值稳定在要求范围之内。

关键词: 低温治疗; 蚁群算法; PID; 神经网络; 体表温度

中图分类号: TN710.2

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2014)-03-0056-04

Intelligent Body Surface Temperature Monitor System Based on MSP430

LUO Yong, CAI Hong-wei, HE Xiang-yan, WANG Huan-you

(Department of Physics and Electronic Information Engineering, Xiangnan University, Chenzhou 423000, China)

Abstract: The hypothermia phenomenons on body surface and hypothermia therapy control platform are introduced. MSP430 microprocessor is taken as a key control part, upper computer and thin film transistor (TFT) LCD touch screen as operation display interface and variable parameter prediction proportion integral derivative (PID) based on ant colony algorithm as key algorithm. Neural network is taken as prediction models and the control parameter of PID is optimized on line using the global optimization ability of ant colony algorithm to monitor the temperature of human body in real time. Experimental results show that unit step response overshoot and adjustment time are drastically reduced, dynamics and stability has been significantly improved and the surface temperature of human body can be stabilized accurately and rapidly in the range of requirements processed by the algorithm.

Key words: hypothermia therapy; ant colony algorithm; proportion integral derivative (PID); neural network; body temperature

临床上, 由于病人突发低温导致手术失败的现象屡见不鲜, 但对于此类现象还没有得到很好的解决, 目前国内市场上销售的此类恒温设备存在一些问题, 如价格昂贵、控制不够迅速准确、安全性差、功能单一、操作繁琐、设计不够人性化等。除此之外生活中由于各种剧烈运动或者意外伤害导致身体某些

部位局部出血或者肿痛等现象也很常见, 目前国内外医院通常的解决办法是用冰块、冰毯、冰帽等方式进行治疗, 但这些疗法都存在与皮肤接触不够充分而导致治疗效果不佳的问题。国内外能进行恒温并且能进行低温治疗的两用设备并不多, 而且性能也不够完善, 所以研究出了一种应用前景广阔、社会经

收稿日期: 2014-04-28

基金项目: 湖南省自然科学基金资助项目(13JJ3121); 2013年湘南学院大学生研究性学习和创新性实验计划项目(2013157); 2013年湘南学院2013年校级课题资助项目(2013YJ27)

作者简介: 罗勇(1992-), 男, 学士, 研究方向为自动控制以及智能仪器仪表等; 蔡红卫(1992-), 男, 学士, 研究方向为自动控制以及智能仪器仪表等; 何湘艳(1981-), 女, 硕士研究生, 研究方向为电气控制技术。

济效益好的新型智能的人体表面温度监控系统。主控核心采用MSP430^[1]微处理器,其具有功耗低、响应速度快、稳定性好、测试效果佳等优点。系统对弱电和强电进行了隔离,大大地提高了系统的安全性。对人体的升温和降温采用气体吹拂的方式,与皮肤表面接触充分。因而控温效果好、调节速度快,很好地实现了对人体表面温度^[2-3]的监测和控制。系统的基本结构图见图1。

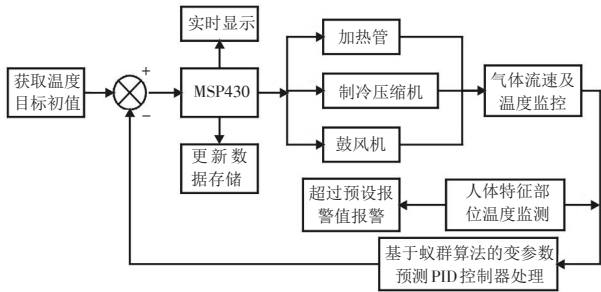


图1 系统的基本框架

1 系统的基本构架

在医学上,人体表面温度和核心温度存在一定的关系^[2-3],某些特征部位的温度基本能反映出人体核心温度,所以系统可通过间接测量人体多处表面温度来估算人体核心温度。本系统以性能优异的MSP430为处理器,目标温度采用系统默认或者手动输入方式获得,DA型温度传感器对人体不同特征部位的温度进行采集,并将检测到的实时温度值反馈给MSP430,经过基于蚁群算法的变参数预测PID控制器处理后去控制加热管、制冷压缩机、鼓风机的通断时间以实现温度的升降,直到人体表面温度达到预设值。在此温度调节的过程中,温度值通过液晶屏和上位机以折线的形式不断更新显示,同时把实时温度数据存储到数据存储芯片中,防止意外掉电数据丢失。若在调节过程中人体表面不同部位温度或者人体表面附近的空气温度偏离目标值过大,则报警系统将被触发。

2 系统硬件主要电路的实现

2.1 温度检测电路

DA型温度传感器采集的电压信号通过A/D转换器送入到MSP430中进行数据处理,但是输入电

压的值必须在A/D转换器的范围内才能处理。因而本系统选用了高精度的LM324放大器对电压进行放大。DA型温度传感器的灵敏度是-2 mV/°C,其在0 °C时电压并不是0 mV,故在图2中令Vi1等于700 mV,就可以保证在0 °C时输出电压为0 mV。系统中设计的放大器电压增益为20倍,能很好地满足实验要求。由图2通过计算可以得出输出电压为

$$V_0 = \frac{R_4}{R_3} \left(1 + \frac{2R_2}{R_1} \right) (V_{i2} - V_{i1})$$

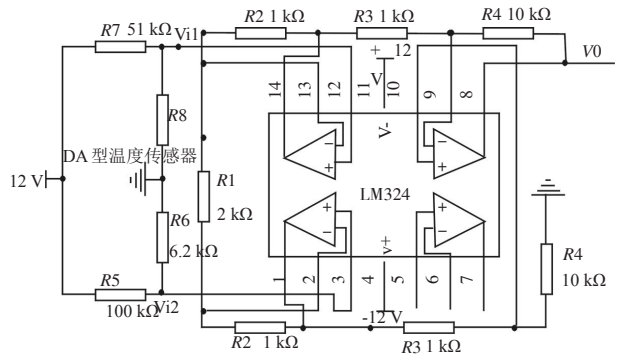


图2 温度检测电路

2.2 气体温度控制电路

系统将采集的温度值与目标值进行比较,通过控制加热电路和制冷电路去调节气体温度。如图3系统中弱电和强电是通过MOC3041进行隔离的,避免强电回流到弱电部分烧坏单片机,同时把220 V交流电通过桥式整流成直流电,用电器的工作状态由晶闸管的通断决定。MSP430的P2.0输出不同占空比的PWM波去控制三极管9018的通断,当单片机P2.0端口输出高电平可控硅导通^[4],用电器处于工作状态,当输出低电平,可控硅截止,用电器停止工作。经多次测试,结果表明,该电路能迅速、准确、稳定地控制用电器的工作状态。

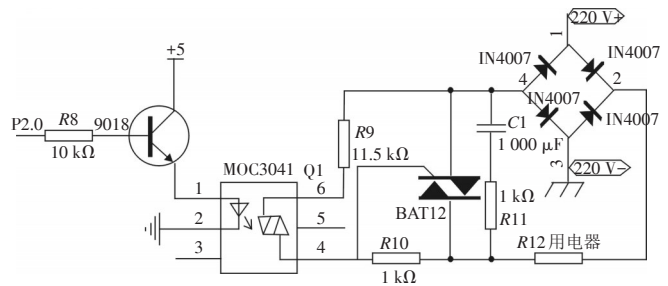


图3 气体温度控制电路

3 系统软件的实现

3.1 主控程序的设计

如图4所示,系统启动后,首先完成各模块的初始化,接下来对恒温模式和低温模式进行选择,如果不进行手动选择则系统默认为恒温模式,进入相应模式后目标值可以自行设定也可以由系统默认。系统得到相关模式下的目标值后,则开始对人体表面温度、气体温度及气体流量进行检测,将温度检测值与目标温度值比较得到的差值和气体流量值通过基于蚁群算法的变参数预测PID控制器处理后,经由一定的规律计算得到相应占空比的PWM波,系统再运用相对应的PWM波去控制鼓风机、加热管、制冷压缩机实现对温度的调节,不停地重复上述过程,最终达到调温的目的。若检测到的实时温度值偏离目标值较大则进入粗调阶段,反之则进入微调阶段,最终将人体相应部位的温度值稳定在误差允许的范围。在温度调节的过程中,上位机和TFT触摸液晶屏将对其进行跟踪显示,若在调节过程中人体表面温度或者人体表面附近的气体温度偏离目标值过大,报警系统会自动触发。

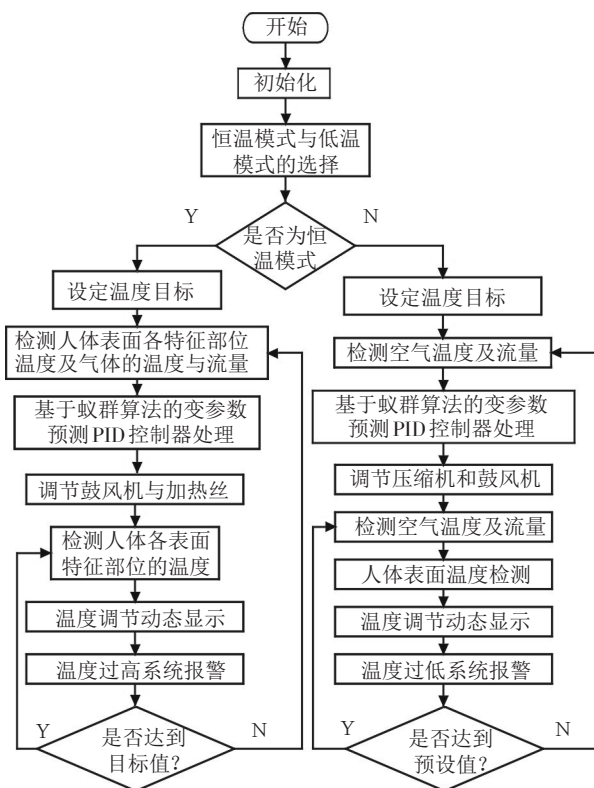


图4 系统软件流程图

3.2 核心控制算法的设计

PID由于结构简单,物理意义明确,稳定性好等优点被广泛应用于各种工业控制之中。PID参数的整定至关重要,然而传统PID各参数的整定却是一个繁琐的过程,即使在某一时段整定出了较优的调节参数,但是随着系统环境的不断变化,系统各参数的最优解也随之发生改变,从而使得系统处于呆滞状态,大幅度限制了系统性能的提升。由于该系统中人体温度的变化会受到各种环境因素的干扰,使得系统的控制不再是单纯的线性控制系统,不能构造固定而精确的数学模型,在控制上也难以通过一个不变的控制形式对其进行预测控制,而本系统所设计的基于蚁群算法的变参数预测PID控制器恰能解决此问题。待系统初始化之后,相应分布式并行机制的“蚂蚁群体”能够根据系统特性对PID参数进行局部搜索,同时PID控制器利用人体表面温度的反馈值、吹入气体的流速及温度值为信息源,以数据存储模块对每只蚂蚁搜寻到的PID参数进行保存并作为各参变量的信息素,在系统目标温度值的引导下各信息素得到更新,并通过在线滚动计算机的计算能力实现^[6]对控制参数进行在线整定,以信息素浓度为基础,确定出完成一次全局搜索后的PID控制参数的最优解^[6-7],使系统的动态阶跃响应非线性时变系统的适应性更强。为了减少下一轮蚁群搜索的盲目性,该系统通过将神经网络作为预测模型^[5],利用神经元的在线学习能力,在下一轮控制之前,把已被储存的各控制参数的信息素浓度作为参考对象,通过学习和训练逐步逼近该非线性系统,采集出下一轮各参数输入决策的大致范围,再通过相应分布式并行机制的“蚂蚁群体”自动搜索出下一轮PID参数的最优解^[6-7],不断重复上述过程,最终使得闭环控制系统以最快的速度接近期望的性能。相比传统理论的PID而言,有效地解决了系统响应滞后、动态性差、各系统间的耦合干扰等问题,使得系统在不同时刻都能以最优调节参数对人体体温进行动态调节。

3.3 多点温度检测的设计

在对人体多个不同特征部位的温度进行检测时,选用了模拟开关CD4052。通过编程实现对模拟开关地址端的快速切换并选通相应的通道,使系统共用一

个放大电路和A/D转换器电路完成人体不同部位的的温度检测。该电路优化了硬件电路、提高了测量精度、降低了成本,稳定性也得到了显著的提高。

4 实验平台的搭建以及实验结果

为了进一步验证此系统的控制性能,在室温为20℃的情况下,设定目标温度值为37℃,加热管的功率为400W/220V,鼓风机的功率为150W/220V,输气管直径为2.55cm,对传统PID^[8-9]和基于蚁群算法的变参数预测PID控制器的控制效果分别进行了记录,实验数据如图5、图6所示。通过图5可以看出,传统PID存在响应速度慢、控制精度低、大惯性滞后等缺点。基于蚁群算法的变参数预测PID控制器不依赖所求问题的具体数学表达式描述,能够准确地找到全局最优控制参数的能力。因而由图6可以看出,基于蚁群算法的变参数预测PID控制器控制性能较好、温度上升速度快、无超调和振荡,温度控制的误差在±0.3℃范围内,控制的精度高,而这恰

恰是该系统所需要的。

5 结论

该控制系统是以MSP430微处理器作为控制平台,以基于蚁群算法的变参数预测PID控制器为控制算法来改变吹拂在人体表面的气体温度,病人再通过人体皮肤表面的热交换和体内的热能重新分配保证核心温度稳定。实验数据分析表明,基于蚁群算法的变参数预测PID控制系统既具有抗干扰能力强、参数在线优化等特点,又兼顾了预测控制的鲁棒性和超前性,同时还能自动适应对象的时变性,能迅速、准确地将人体表面温度稳定在要求精度内。除此之外,在生产应用当中该控制系统具有操作简单、成本低廉、功耗低、抗干扰能力强、安全性好、可移植性强等特点,这为后续产品的升级更新提供了便利。所以该系统能被很好地应用到医疗手术时体温的恒定及局部低温麻醉治疗当中,具有广阔的应用前景和较好的社会效益。

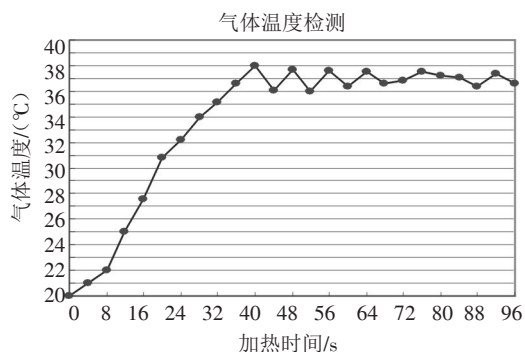


图5 传统PID温度变化曲线

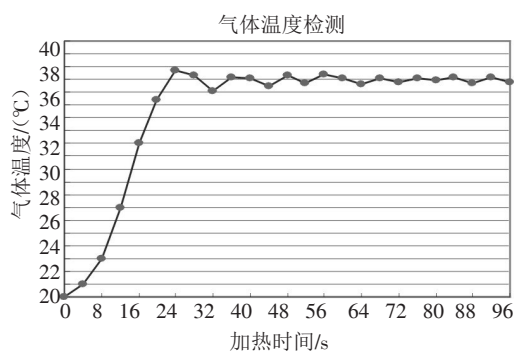


图6 改进后的PID温度变化曲线

参考文献

- [1] Fernandex Adrian, Dang Dung. Getting Started with the MSP430 [M]. Launchpad Elsevier, 2013.
- [2] 郭淑萍, 田钢, 金承烈. 浅谈测量人体温度用温度计的选择和使用[J]. 现代测量与实验室管理, 2011(3): 26-27.
- [3] 彭见署, 夏雅琴, 林兆娣. 体表温度及总体均值的测量与统计分析[J]. 北京工业大学学报, 1994, 2(1): 50-54.
- [4] 樊月珍, 毛恩荣. 双向可控硅过零调速调功的技术实现方法[J]. 中国农业大学学报, 2004, 9(6): 56-59.
- [5] 高颀悦. PID控制器参数优化中的仿真研究[J]. 计算机仿真, 2011, 28(3): 259-263.
- [6] 王建国, 张昊宇, 明学星, 等. 基于蚁群算法优化的再热汽温系统变参数预测PID控制[J]. 化工自动化及仪表, 2008, 35(3): 19-22.
- [7] 杨友林. 基于神经网络的PID参数自整定控制及其Matlab仿真研究[J]. 甘肃联合大学学报, 2011, 25(4): 61-64.
- [8] 尚举邦, 陈永刚. 基于改进的PID稳定平台伺服控制系统[J]. 光电技术应用, 2012, 27(4): 13-15.
- [9] 胡大军, 吴晗平, 黄璐. 光电跟踪伺服系统中的模糊PID控制器设计[J]. 光电技术应用, 2011, 26(5): 72-76.