

基于神经网络标定算法的 PID 温控系统设计

周嘉庆 初俊博 艾娉婷

海军大连舰艇学院

DOI:10.12238/acair.v3i3.15613

[摘要] 本文设计了一种基于神经网络标定算法的PID温控系统,即利用BP神经网络对温度传感器进行在线标定提高传感器性能,并由此提高了PID温度控制系统的控制性。经过硬件实验装置在低温环境下针对不同工作情况的实际实验测试数据表明,相比较使用传统的经验标定法的温度传感器温控系统,具有更好的平稳性和快速性。

[关键词] BP神经网络; PID温度控制; NTC热敏电阻温度标定

中图分类号: TP183 **文献标识码:** A

Design of PID temperature control system based on neural network calibration algorithm

Jiaqing Zhou Junbo Chu Pingting Ai

Dalian Naval Academy

[Abstract] This article proposes a PID temperature control system based on neural network calibration algorithm, which utilizes BP neural network for online calibration of temperature sensors to improve sensor performance and thus enhance the controllability of the PID temperature control system. The actual experimental test data of different working conditions under low temperature environment using hardware experimental device shows that compared with the temperature sensor temperature control system using traditional empirical calibration method, it has better stability and speed.

[Key words] BP neural network; PID temperature control; NTC thermistor temperature calibration

引言

随着科技的不断发展,人类探索的脚步早就迈向了高空、深海甚至外太空。这些领域的一个共同点是温度环境很低,以高空无人机为例,一般高空无人机的飞行高度在7000-12000米左右,温度大约在范围内,但已经是多数模组芯片和器件模组的使用负温度极限^[1],因此,设计极寒工作环境下的温度控制系统对于提高设备性能、延长设备寿命具有重大实际意义。然而,温度控制系统普遍具有大滞后、大惯性和非线性等特点,使得控制效果受传感器性能影响很大,而更高性能的传感器就意味着更高的工程成本^[2],基于这种情况,本文从传感器温度标定出发,利用BP神经网络对温度传感器进行标定,并设计了可以对传感器进行在线标定的温度控制系统的硬件实验装置。^[1]

1 系统总体结构

由于测量精度对于温度控制系统的性能具有很大影响,本文利用BP网络对NTC热敏电阻传感器的测量结果进行数据拟合,利用拟合后的数据计算系统偏差。采用带模式切换的位置式数

字PID作为控制器,PID控制器输出可以用于控制加热设备进行温度控制,系统原理框图如图1所示。

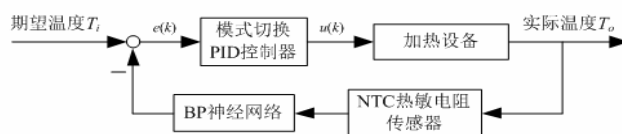


图1 温度控制系统原理框图

系统采用STM32作为控制芯片,选择NTC热敏电阻作为温度传感器,系统硬件设计框图如图2所示。

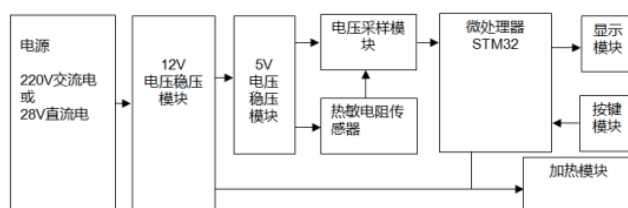


图2 温度控制系统硬件设计框图

表1 采用经验公式标定法的温度残差

电阻编号	R1	R2	R3	R4	R5
最大残差	-0.11	-0.07	-0.02	-0.18	-0.17
最小残差	4.68	4.83	4.77	4.74	4.76
平均残差	1.19	1.28	1.30	1.19	1.20

表2 采用BP神经网络标定法的温度残差

电阻编号	R1	R2	R3	R4	R5
最大残差	0.023	0.019	-0.023	0.015	0.022
最小残差	-0.025	-0.023	-0.023	-0.023	-0.018
平均残差	-0.003	-0.001	-0.001	-0.003	0.000

2 基于BP神经网络的热敏电阻标定算法

在实际测温中,热敏电阻的变化会对温度测量结果的精度造成影响,因此本文基于BP神经网络算法来弥补温度系统偏差的优化算法^[2]。

BP神经网络是由一个信息的正向传播网络和一个误差的反向传播网络两个模块构成,其结构由输入层、隐含层、输出层三部分组成。

本文中所设计的BP神经网络,输入层3个节点,输出层1个节点,隐含层节点数根据经验公式 $n = \sqrt{n_i + n_o} + a$ 获得,经多次实验比对后,选定隐含层节点数为3。选取隐含层激励函数为正切S型函数tansing,输出层激励函数为线性函数pureling。

3 基于PID的温度控制设计

目前温度控制系统中常用的加热设备,可分为开关量控制设备和功率控制设备两大类,而开关量控制设备可以看作是只有满功率输出和零功率输出的特殊功率控制设备,为提高系统的适用性,选择功率控制中常用的PWM信号作为PID控制器的输出信号,并在传统PID控制器基础上添加模式切换功能。

位置式数字PID控制器的数学模型为

$$u_1(k) = K_p e(k) + K_i \sum_{j=1}^k e(j) + K_d [e(k) - e(k-1)] \quad (1)$$

其中,控制器的输入 $e(k)$ 为 k 时刻期望温度与实际温度的差

值,输出 $u_1(k)$ 为 k 时刻的PWM信号占空比。 K_p 为比例系数, K_i 、为积分系数, K_d 为微分系数。

在控制器设计中引入模式选择变量 p ,当 $p=1$ 时,加热设备为开关量控制设备,只有满功率加热和不加热两种工作状态。当 $p=0$ 时,加热设备为功率控制设备,控制律 $u(k)=u_1(k)$ 。

4 实验测试与数据分析

4.1 温度标定精度分析

在室温环境下,采用经验公式法和对5只相同型号的NTC热敏电阻进行标定,测试结果的统计数据见表1和表2。

从图表中可以看出,采用经验公式标定法所得的残差范围为 $-0.17 \sim 4.87^\circ\text{C}$,采用BP神经网络标定法的残差范围为 $-0.025 \sim 0.023^\circ\text{C}$ 之间,且平均残差远小于经验公式标定法^[3]。

4.2 温度控制系统测试及数据分析

在温度控制系统中,选择加热棒作为温度控制设备,直接对NTC热敏电阻进行接触式加热,在控制过程中分别对热敏电阻采用BP神经网络标定法与经验公式标定法,实验环境温度为,设定温度为,测试时间为200s,实验结果如图3所示。

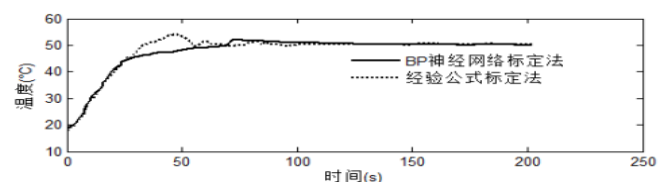


图3 温度控制系统基本性能测试

由图3可知,采用BP神经网络标定法对温度传感器进行标定的温度控制系统,具有更好的平稳性和快速性。

5 结论

本文设计了一种基于神经网络标定算法的PID温控系统,该系统将BP神经网络用于传感器标定以提高传感器精度,并将更高精度的传感器测试数据用于PID温度控制系统。经过硬件实验测试证明,引入BP神经进行传感器标定后,传感器精度和温度控制系统的控制效果都有了明显提升。

[参考文献]

[1]邓维杰.浅谈海警舰艇平日防火防爆工作[J].公安海警学院学报,2014,13(2):7-9.

[2]韩春玉,王玉影,张帆.基于神经网络的NTC热敏电阻的校正模型[J].电子测量技术,2013(9):5-8,22.

[3]刘洋,行鸿彦,侯天浩.基于GA-BP神经网络温漂补偿的十字正交型热温差式测风仪[J].传感技术学报,2020,45(8):11-16.

作者简介:

周嘉庆(2003--),男,汉族,山东济宁人,本科,学生。

初俊博(1981--),女,汉族,山东莱阳人,硕士研究生,讲师,研究控制理论与控制工程方向。

*通讯作者:

艾婷婷(1985--),女,汉族,辽宁沈阳人,硕士研究生,实验师,物理与电子实践类教学方向。