

# 神经网络混合PID算法的空调节能研究

陈诗涛<sup>1</sup>, 杨华强<sup>2</sup>, 夏文权<sup>1</sup>, 陈友绪<sup>1</sup>, 韩喜良<sup>2</sup>

(1. 湖北中烟工业有限责任公司红安卷烟厂, 湖北 黄冈 438000;

2. 湖北中烟工业有限责任公司生产制造中心, 湖北 黄冈 438000)

**摘要:** 针对经典的PID控制方法的三个参数值, 传统方法是通过人工赋值, 而人工赋值往往依赖于经验, 控制效率较低。研究小组引入BP网络对PID控制器参数进行优化, 通过训练PID参数, 得到最佳参数值。仿真试验验证了该BP网络在调节PID控制器参数方面具有更快的收敛能力, 能够实现系统的快速逼近功能。研究小组提出了一种基于BP神经网络的PID控制器优化方法, 并将该方法应用于中央空调系统中, 把一阶系统函数当作空调的拟似函数, 通过搭建的MATLAB平台进行仿真。仿真结果表明, 该方法具有超调量小、过渡时间短、鲁棒性好等特点, 弥补了常规PID在改善空调性能中参数难以整定的缺点。可以将该控制策略用于改善空调性能, 使空调能处于最佳的性能状态, 并且保证空调的安全经济运行。

**关键词:** BP神经网络; Simulink 仿真; PID控制器; 中央空调系统

中图分类号: TU831; TP183

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1672-3872.2023.09.043

## 0 引言

能源是社会的经济基础, 也是人们赖以生存的基础。能源资源不是取之不尽、用之不竭的, 有效地利用能源并节省能源是全球的重要战略。中央空调耗能较大, 因此研究空调节能很有必要。根据空调运行的规律, PID算法是控制空调运行的常用算法, BP网络可以用来优化PID的参数。

近年来, 学者们提出了很多算法, 李锋等<sup>[1]</sup>将粒子群优化算法与使用BP神经网络的PID控制器相结合, 更加准确地测量和控制温室内的温度、湿度。李航等<sup>[2]</sup>为取得良好的控制效果, 将BP神经网络与传统PID控制相结合, 且最后使用MATLAB仿真平台对两种方案进行了比较, 发现使用BP神经网络后训练得到的PID参数能达到的效果更好。张永振等<sup>[3]</sup>利用BP神经网络与PID控制相结合, 让系统可以自适应调整三个PID参数, 能够让系统快速响应并输出稳定。王晓芳等<sup>[4]</sup>选取三层BP神经网络, 并用MATLAB软件对温度控制系统的数学模型进行仿真研究, 证明此控制效果能够明显优于传统的PID控制达到的效果。Zhang等<sup>[5]</sup>提出了一种双层反向传播的BP网络, 得到PID控制方法, 该方法可为控制参数的选取提供理论和实验依据, 并且可推广到同类控制器, 具有工程应用价值。

空调热电转换效率低, 很多部件能耗效率低, 而利用BP神经网络, 结合PID控制算法, 可以优化PID参数, 获得更好的性能, 达到更节能的目的<sup>[6-7]</sup>。

## 1 神经网络

人工神经网络实现其功能的核心是算法。而BP神经网络采用误差反向传播, 来训练多层前馈网络, 实际上是一种梯度下降法, BP网络通过调整输入节点和隐藏层节点、隐藏层节点和输出节点的权值以及阈值, 使得误差沿着梯度的方向递减。最小误差所对应的网络参数就是最佳值。

对第*i*个神经元, 设其输入为 $X_1, X_2, \dots, X_j$ , 连接权值设为 $W_1, W_2, W_3, \dots, W_j$ ,  $Net_i$ 神经元的净输入可以表示为:

$$Net_{in} = \sum_{i=1}^n w_i * x_i \quad (1)$$

$\theta_j$ 表示该神经元的阈值, 合理假定, 神经元接收到的信息达到阈值时, 就被激活。因此, 用 $Net_i$ 神经元和 $\theta_j$ 进行比较, 然后由激活函数得到神经元的输出。

一般情况下, 人们采用的激活函数是Sigmoid函数, 如果没有约束的话, 可以采用线性激活函数, 也就是权值相乘再求和的方法, 得到输出:

$$y_j = f(Net_{in} - \theta_j) \quad (2)$$

## 2 PID算法

PID是最简单的闭环控制算法, 是比例、积分、微分三种控制算法的结合, 能有效地修正被控对象的偏差, 使其达到稳定状态<sup>[8-9]</sup>。

输入为 $e(t)$ , 输出为 $u(t)$ 的PID控制器的原理数学表达式如式(3)所示:

$$u(t) = K_p[e(t) + \left(\frac{1}{T_i}\right) \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt}] \quad (3)$$

**作者简介:** 陈诗涛(1994—), 男, 湖北红安人, 本科, 研究方向为时间序列在能源计量管理的研究、PLC在烟草行业的应用。

$K_p$ : 比例调节可以提高响应速度, 减小误差, 但不能消除稳态误差。当比例作用过大时, 系统的稳定性会下降。

$K_i$ : 积分调节可以消除稳态误差, 使系统的动态响应变慢。积分时间越小, 积分效应越大, 偏差校正速度越快。积分时间过短, 可能会导致不稳定。

$K_d$ : 微分调节可以提前调节, 可以预测误差变化趋势, 提前抑制误差的控制效果, 从而避免被控变量严重超调。它能提高系统的响应速度和稳定性, 并对噪声干扰有放大作用。对于滞后的被控对象, 应增加微分环节。

$T_i$  和  $T_d$  为积分时间常数和微分时间常数。

### 3 中央空调节能的方法

本文使用 MATLAB 软件的 Simulink 仿真平台搭建了空调系统, 在仿真中使用 BP 神经网络结合 PID 算法不断进行 PID 参数的优化, 以此来得到合适的  $K_p$ 、 $K_i$  和  $K_d$ , 直至达到满足要求的性能指标, 模型中将使用 BP 神经网络优化 PID 控制参数的部分封装了起来, 便于查看的同时也方便后续的修改<sup>[10]</sup>。如图 1 所示, 整体的模型由输入、封装模块 (PID 控制器)、传递函数、反馈通道以及最后的输出组成。

对 PID 参数的寻优, 研究小组采用一种优化迭代的算法, BP 算法搜索速度快、效率高, 因此其比较适用于对实时性要求高的系统, 中央空调系统对实时性要求比较高。因此, 本文选用 BP 算法对 PID 控制器进行参数寻优。

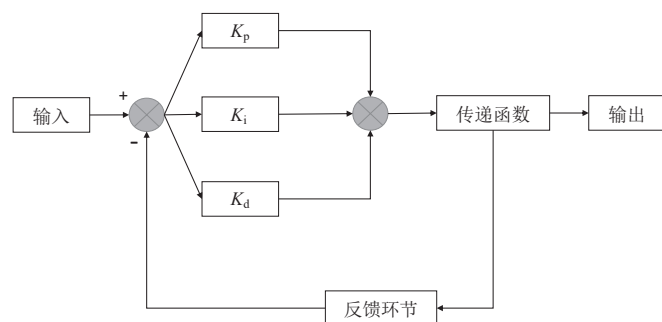


图1 Simulink 仿真示意图

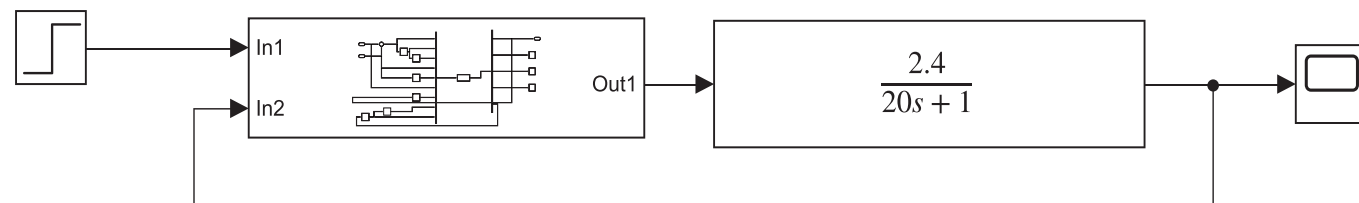


图2 仿真模型

### 4 建模仿真

接下来在 MATLAB 的 Simulink 仿真平台进行仿真模型的搭建, 如图 2 所示, 主要是搭建一个闭环的控制系统, 给定一个阶跃响应作为输入, 给定系统的传递函数, 其中空调的拟似传递函数采用一个一阶的传递函数来表示, 搭建一条反馈通道, 最后的输出使用示波器来显示。封装模块的部分给定两个输入, 一个是系统的输入, 还有一个是输出 (通过反馈通道输入), 最中间的部分是 BP 神经网络部分, 通过输入来不断训练 PID 参数, 为达到合适的指标, 最后的输出传出去, 另外三个输出参数分别用三个示波器来显示, 这三个分别是  $K_p$ 、 $K_i$  和  $K_d$  的图像。

### 5 结果分析

总体结果如图 3 所示, 输入为一个幅值为 1 的阶跃响应, 输出也是一个幅值为 1 的阶跃响应, 且结果图的超调量比较小, 说明系统性能较好, 且最终随着时间的推移, 输出是逐渐收敛的, 说明系统输出应该还是比较稳定的。与参考的一些文章相比, 本文的误差更小, 几乎为 0, 说明研究小组经过训练得到的 PID 参数达到的效果更加准确。如图 4 所示, 此时的  $K_p$  参数为 0.465; 如图 5 所示, 此时的  $K_i$  参数为 0.13; 如图 6 所示, 此时的  $K_d$  参数为 0.43。将此时得到的 PID 参数的结果应用在该拟似的空调的传递函数上, 达到的性能是很好的。

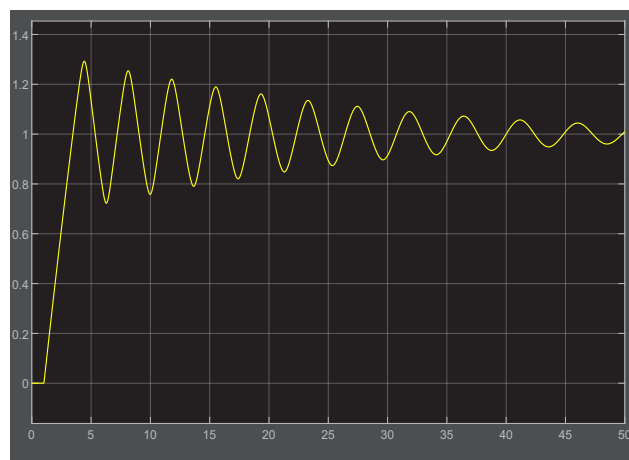
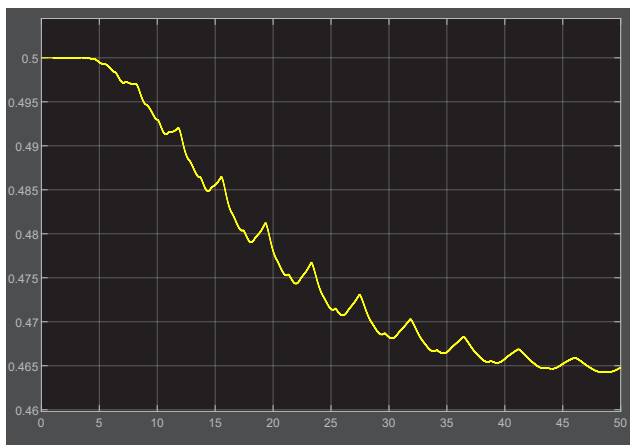
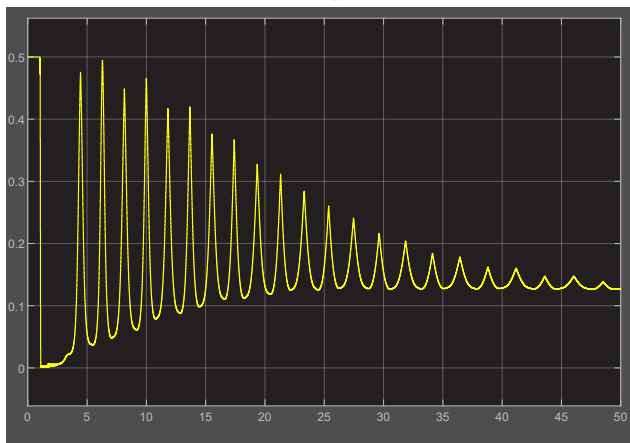
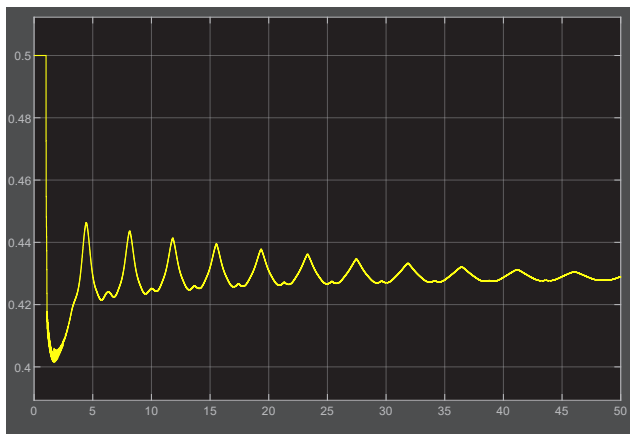


图3 总体结果

图4  $K_p$  结果图5  $K_i$  结果图6  $K_d$  结果

## 6 结论

本文基于MATLAB软件的Simulink仿真平台建立了中央空调能耗主要部件的模拟仿真平台,验证了所提出的新方法,也就是说,采用BP神经网络来优化PID控制器,从而获得合适的PID参数,达到合适的性能指标。仿真结果表明,利用BP神经网络来获取合适的PID参数是可行的。

## 参考文献:

- [1] 李锋,樊玉和,梁辉.基于改进BP神经网络PID控制器温室湿度控制研究[J].计算机与数字工程,2021,49(5): 908-913+986.
- [2] 李航,杜璠,胡晓兵,等.改进的BP神经网络PID控制器在气体浓度控制中的研究[J].四川大学学报(自然科学版),2020,57(6): 1103-1109.
- [3] 张永振,苏寒松,刘高华,等.基于BP神经网络的PID控制器参数调整[J].南开大学学报(自然科学版),2018,51(3): 26-30.
- [4] 王晓芳,刘强,刘亚军.基于BP神经网络的PID控制器设计及仿真[C]//天津市电视技术研究会.天津市电视技术研究会2016年年会论文集.[出版者不详],2016: 130-133.
- [5] Zhang M, Zhang Y, He X, et al. Adaptive PID Control and Its Application Based on a Double-Layer BP Neural Network[J]. Processes, 2021, 9(8): 1475.
- [6] 付子义,孙杰.基于BP神经网络优化的PID控制器研究[J].软件导刊,2015,14(12): 157-160.
- [7] 车文斌.基于能耗模拟的中央空调智能控制节能系统的研究与应用[D].重庆:重庆邮电大学,2018.
- [8] 谢利英.基于BP神经网络的PID控制器及其MATLAB仿真[J].中国新技术新产品,2009(10): 13.
- [9] 崔海龙,王磊,张雷.基于改进的BP神经网络PID控制器[J].中小企业管理与科技(中旬刊),2015(6): 191-192.
- [10] 蒋鼎国.基于改进型BP神经网络PID控制器的温室温度控制技术[J].实验室研究与探索,2015,34(1): 9-13.

## 版权声明

为扩大本刊及作者知识信息交流渠道,加强知识信息推广力度,本刊已许可中国知网、万方数据、维普资讯、超星域出版及其系列数据库产品中,以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。该著作权使用费及相关稿酬,

本刊均用作为作者文章发表、出版、推广交流(含信息网络)以及赠送样刊之用途,即不再另行向作者支付。凡作者向本刊提交文章发表之行为即视为同意我社上述声明。

南方农机杂志社