

文章编号: 1005—8893 (2006) 03—0053—03

基于动态 BP 网络的实验电炉温度控制系统^{*}

郑明方

(江苏工业学院 计算机科学与工程系, 江苏 常州 213164)

摘要: 针对一类不允许出现超调的工艺参数, 提出了采用动态 BP 网络对工艺参数进行控制, 可以达到良好的效果。并以实验电炉为对象, 用工控机对其炉温进行控制, 结果表明 采用动态 BP 网络进行控制, 可以无超调地无限逼近给定值, 控制精度高, 控制时间较短。因此可以认为, 用动态 BP 网络对这一类工艺参数的控制是有效的。

关键词: 动态 BP 网络; 温度; 控制

中图分类号: TP 273 **文献标识码:** A

DBP Neural Network Control System for Experimental Electric Stove

ZHENG Ming—fang

(Department of Computer Science and Technology, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213164, China)

Abstract: For the technological parameters which require no over foot, this paper describes an DBP neural network control method, which can achieve good results for the technological parameters. By the control of experiment electric stove, the results prove that the DBP neural network control precision is high, no over foot and response is fast. So we can conclude that the DBP neural network control is very effective.

Key words: DBP neural network; temperature; control

在工业生产中, 经常会遇到被控参数不允许出现超调的工艺要求。对于这一类参数的控制, 常规的调节显然不能满足要求。虽然单纯的比例控制在比例度设置足够大的条件下可以满足这一要求, 但是有较大的静态误差, 满足不了稳态精度的要求。为此, 采用动态 BP 神经网络^[1, 2]对实验电炉的温度进行控制, 达到较为满意的结果。

1 动态 BP 网络控制器

1.1 动态 BP 网络结构

采用图 1 所示的动态 BP 神经网络^[3], 它与一般的 BP 神经网络的区别在于其隐节点的结构^[4]。

它的隐节点由两部分组成, 一个 sigmoid 神经元和一个延迟单元, 用表示从延迟单元到 sigmoid 单元的权值。

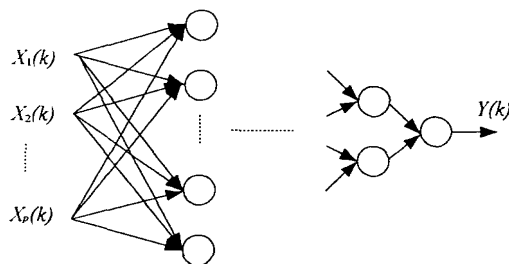


图 1 动态 BP 神经网络结构图

Fig 1 DBP neural network control structure

^{*} 收稿日期: 2006—01—11

作者简介: 郑明方 (1964—), 女, 江苏靖江人, 副教授, 主要研究方向为过程模型及自动控制系统。

1.2 算法实现

在图 1 所示的动态 BP 网络结构图中, 对任意一个神经元 j , 如果它是隐单元, 其前馈计算为:

$$\text{输入: } v_j(k) = \sum_{i=1}^{I-1} w_{ij} y_i(k) \quad (1)$$

$$\text{输出: } y_j(k) = f(v_j(k) + w_j^d y_j(k-1)) \quad (2)$$

其中, w_{ij} 表示两层神经元之间的连接权值; w_j^d 表示该隐单元从延迟单元到 sigmoid 单元的权值, 也叫做角权值; v_j 为第 j 个神经元的输入; y_j 为第 j 个神经元的输出。激活函数 f 取:

$$f(\alpha) = \tanh\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{1 - \exp(-\alpha)}{1 + \exp(-\alpha)} \quad (3)$$

单输出 DBP 网络, 若它是输出单元, 则:

$$y(k) = v_j(k) = \sum_i w_{ij} y_i(k) \quad (4)$$

为优化控制器, 使控制器的输出波动尽可能小, 取训练函数为偏差和控制器输出的平方和:

$$E(k) = \frac{1}{2} [\lambda e^2(k) + \mu \Delta u^2(k)] \quad (5)$$

式中, λ 、 μ 为大于或等于 0 的权系数。

$$e(k) = c_r(k) - c(k) \quad (6)$$

$$\Delta u(k) = u(k) - u(k-1) \quad (7)$$

其中, c_r 为系统的设定值, c 为系统的输出值, u 为控制器的输出值。由 δ 学习规则有:

$$\Delta w = \eta_e(k) \frac{\partial u}{\partial w} = \eta_e(k) \frac{\partial y}{\partial w} \quad (8)$$

对于输出单元:

$$\frac{\partial y(k)}{\partial w} = \sum_i y_i(k) \quad (9)$$

对于隐单元:

$$\frac{\partial y(k)}{\partial w} = P_j(k) \sum_i w_{ji}(k) \quad (10)$$

$$P_j(k) = (1 + w_j^d P_j(k-1)) f_j', P_j(0) = 0 \quad (11)$$

对于角权值:

$$\frac{\partial y(k)}{\partial w} = Q_j(k) \sum_i w_{ji}(k) \quad (12)$$

$$Q_j(k) = (y_j(k-1) + w_j^d Q_j(k-1)) f_j', Q_j(0) = 0 \quad (13)$$

1.3 网络训练^[5]

动态 BP 网络的学习算法要求选择一个合适的学习速率 η , 对于很小的 η , 虽然算法能保证, 但学习速率太慢, 而 η 太大的话, 算法难以稳定。

文章采用 3-6-1 网络结构, η 取 0.5, $\lambda = 0.95$, $\mu = 0.8$ 。以一组随机数据对网络进行训练,

其网络收敛曲线及网络辨识曲线如图 2 和图 3 所示。

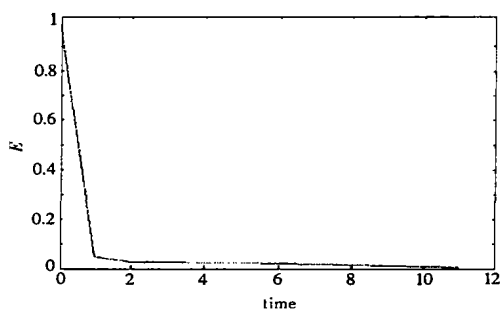


图 2 动态 BP 网络收敛曲线

Fig 2 DBP neural network convergence diagram

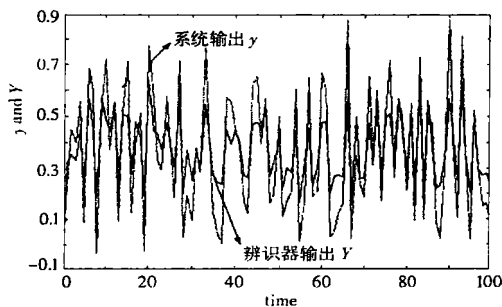


图 3 动态 BP 网络辨识曲线

Fig 3 DBP neural network differentiate diagram

2 实验炉温控制系统

实验室电炉采用电功率为 2 kW 的电阻丝加热, 并有隔热保温层, 自然散热, 额定电压 220 V, 额定温度 1 000 °C。因此, 一旦温度出现超调, 则在自然散热的条件下, 会导致需要相当长的调节时间, 其时间常数大, 容量滞后大, 因此若控制不及时很容易引起系统不稳定。通过实验测试其等效对象特性为:

$$G_0(s) = \frac{K_0}{1 + T_0 s} e^{-\tau_0 s}$$

$$K_0 = 1.24, T_0 = 6.8, \tau_0 = 78 \text{ s}.$$

基于这种情况, 采用动态 BP 控制算法, 对其温度进行控制, 其系统硬件框图如图 4 所示。

神经网络的输入为: 电炉的输出温度、电炉输出与给定的误差、电炉的输出温度变化速度。输出为固态电子开关控制信号。

其中, 测温元件、温度变送器和转换器构成了计算机输入通道。由于采集炉温信号, 信号经调理器转换, 放大成标准的电压信号, 再通过板送入工控机, 成为采集数据的源数据。再将数据进行处理

后在工控机中实现动态 BP 控制算法，其输出转化为占空比，然后经板输出开关量给固态电子开关，实现电压波形的导通角改变，以达到控制温度的目的。

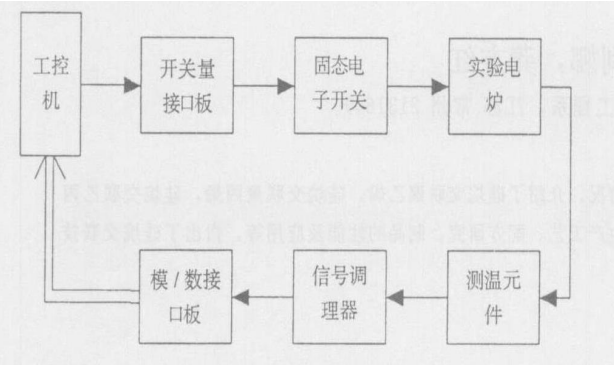


图 4 炉温控制系统硬件框图

Fig 4 Experiment electric stove's temperature control system

采用接口板，其输入、输出各 16 路，可用于多回路控制。输出方式是集电开路式，输出负载电流小于 150 mA；输出负载电压是 3 ~ 50 V；隔离耐压为 500 V。采用 SSS 型交流固态电子开关，使用时所有开关都设计成过零导通型，即当输入控制信号有效后，开关仅在交流电压过零点才开始导通，避免了因浪涌电流对器件的冲击及对电网的影响。采用 WS9096 热电偶信号调理器，其内部含线性化和长线补偿功能，且具有光电隔离保护工控机的作用。采用 PS-2133A/D 板，转换时间 30 μs，精度 0.01%。

3 控制结果

给定温度为 100 °C，控制曲线如图 5 所示。

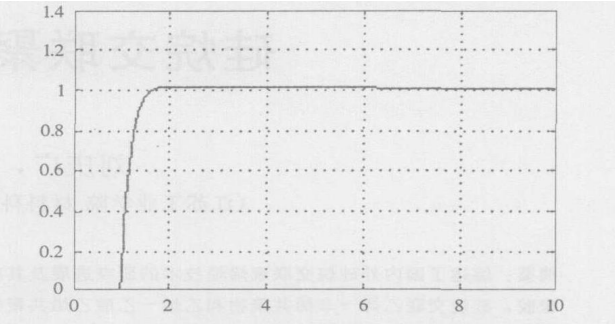


图 5 实验炉温控制曲线

Fig 5 Control diagram of experimental electric stove

图 5 中，给定温度为 100 °C，控制输出曲线基本上无超调，并且，系统在 8 min 达到稳定。因此，可以认为，该动态 BP 网络对该温度控制系统具有良好的控制效果，可以在此类要求的工艺参数控制中推广应用。

参考文献:

[1] 李士勇. 模糊控制、神经控制和智能控制论 [M] . 第二版 . 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1998. 94—101.
[2] 韦巍. 智能控制技术 [M] . 北京: 机械工业出版社, 1999. 6—8, 123—124.
[3] 阎平凡, 张长水. 人工神经网络与模拟进化计算 [M] . 北京: 清华大学出版社, 2000. 26—32
[4] 杨志远. 普通混凝土强度预测的 BP 网络模型 [J] . 长安大学学报, 2003, 23 (3): 50—53.
[5] 张志勇. 精通 MATLAB 神经网络应用设计 [M] . 北京: 科学出版社, 2001. 68—127.