

基于神经网络和 DSP 的 锡炉温度控制系统的应用

钟 峰, 陈承贵

(怀化职业技术学院, 湖南 怀化 418000)

摘 要: 基于预测神经网络和 DSP 高速数字处理相结合的构建原理, 采用 BP 神经网络算法进行系统参数的调整, 同时利用 DSP 数字信号高速处理运算, 对锡炉温度实现了在线实时控制。实验表明, 控制系统的动态响应快, 跟踪能力强, 稳态精度高, 有较强抗扰动能力。

关键词: 神经网络; 数字信号处理; 预测; 温度控制

中图分类号: TN911

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2010)14-0053-03

Research and application of tin furnace temperature control system based on neural network and DSP

ZHONG Feng, CHEN Cheng Gui

(Huaihua Vocational and Technical College, Huaihua 418000, China)

Abstract: We could adjust the system parameters under the BP neural network algorithm principle and the construction principle of combining the DSP with the neural network prediction together. At the same time we adopt the DSP to achieve the tin furnace's On-line-real-time control. The experiment results show the fast dynamic response, high tracking ability, steady-state and high precision with the strong anti-disturbance ability of the tin furnace temperature control system.

Key words: neural network; digital signal processing; prediction; temperature control

现代电子元件装配要求锡炉焊接温度更加稳定, 对锡炉高温控制的难度也就增强。随着预测神经网络的应用研究不断深入, 由于其运算数据量大、收敛比较慢的特点, 使其应用受到了硬件上的限制, 实际应用并不多。但 DSP 高速数字信号处理速度越来越快, 在线实时控制能力越来越强, 在结合神经网络的应用方面效果显著。本文采用神经网络的预测能力对温度参数进行学习和调整, 同时结合数字信号处理 (DSP) 模块进行控制和运算, 实现高速运算处理控制, 最终实现了锡炉温度控制系统在线实时补偿加热控制。

1 神经网络控制结构

神经网络对事件预测是一种很好的数据处理技术, 在学习过程中发现规则, 通过预测和 DSP 运算处理控制相结合来学习及调节控制函数的参数。基于神经网络和 DSP 的控制系统结构如图 1 所示。控制系统由预测神经网络和 DSP 数字信号处理运算控制两部分构成, 这两部分有共同的输入信号, 即网络温度误差 e 。预测神经网络

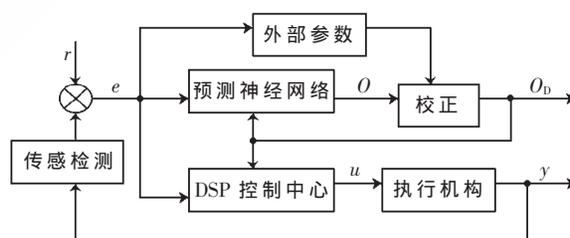


图 1 锡炉网络控制系统方框图

对采样温度样本和预先设置样本进行预测和评估, 预测值经过外部环境控制的影响因子进行适当校正后, 进行预测神经网络的权重和控制函数的参数调节。DSP 运算处理控制中心根据控制温度误差和神经网络预测值, 通过高速数据运算处理, 接收和发布各种控制命令并加以执行, 包括实时温度显示、温度控制输出、温度超越限值报警等输入和输出参数。执行机构是控制模块的对象, 温度控制系统的最终对象为加热器。因此, 锡炉温度控制系统以温度的变化作为整个控制核心, 它由温度传

网络与通信 Network and Communication

传感器来转化, 经过神经网络的预测和数字信号处理(DSP)进行有效的控制。

该控制系统的预测采用 BP 神经网络^[1], 其特点是只有前后相邻两层之间的神经元相互连接, 输出神经元输出预测值, 预测神经网络结构如图 2 所示。网络结构分为 3 层, 即为输入层、隐层和输出层。输入层负责接收数据, 不进行运算。其中 x_0 激活函数的初始值, 位于 $[-1, 1]$ 之间的随机数, 而 x_1 是网络控制系统的温度误差 e , x_2 和 x_3 分别为加热器的电压电流检测值。

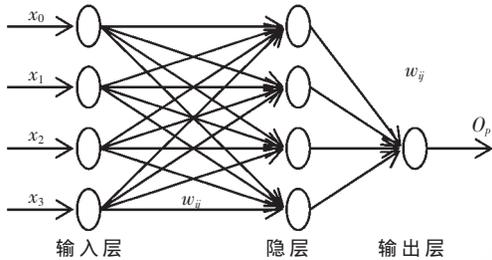


图 2 预测神经网络

神经网络输入函数可表示为:

$$net = x_0w_0 + x_1w_1 + x_2w_2 + \dots + x_nw_n \quad (1)$$

在隐层中, 由于对数 S 形函数可微, 因此神经元采用的激活函数为:

$$o = f(net) = \frac{1}{1 + e^{-net}} \quad (2)$$

神经网络输出层, 实际输出对输入求导:

$$f'(net) = \frac{e^{-net}}{(1 + e^{-net})^2} = \frac{1}{1 + e^{-net}} - \frac{1}{(1 + e^{-net})^2} \\ = o - o^2 = o(1 - o) \quad (3)$$

即各层的实际输出 O_p 为:

$$O_p = F_n(\dots(F_2(F_1(X_p w_{ij}^{(1)} w_{ij}^{(2)} \dots) w_{ij}^{(n)})) \dots) \quad (4)$$

实际应用中 w_{ij} 为各层连接权值, 针对激活函数 $f(net)$ 的控制参数 net 进行网络系统收敛范围的控制, 从而有利于保证整个系统的稳定性。

在神经网络算法中, 加入动量项调整学习速率^[2], 使用其他梯度优化算法^[3]改变目标函数或激励函数。在连接 $\Delta w_{ij}(k)$ 前层的权修改量中, 增加一个自适应因子 $(1 - \beta)$, 其中 β 为冲量系数, 取值在 0 和 1 之间, 即: $(1 - \beta)\Delta w_{ij}(k)$ 。因此, 后层的连接权修改量 $\Delta w_{ij}(k+1) = (1 - \beta)\Delta w_{ij}(k) + \alpha\delta_i$; 自适应因子 $(1 - \beta)$ 的取值如下:

$$1 - \beta = \begin{cases} 0.9 & \delta_j(k+1) < \delta_j(k) \\ 0.1 & \delta_j(k+1) > \delta_j(k) \end{cases} \quad (5)$$

因此, 通过算法的实验, 利用自适应因子 $(1 - \beta)$ 对权修改量按需进行弹性的变化, 实现了网络收敛速度的学习。

2 DSP 系统实现

锡炉加热温度控制系统对加热控制关键件可实行 PID 控制, 从而准确实现锡炉温度变化的温度加热补偿控制, 增加加热效率的有效应用, 并有利于提高电能的利

用率, 实现节能, 同时提高了电路板焊接的合格率。系统构成包括 DSP 处理^[4]、温度传感检测、电压电流检测、温度显示、温度键盘参数设置、温度报警、控制输出等功能。系统操作简单、显示直观、控制方便。控制系统的核心设计是 DSP 数字信号运算处理控制器。由 DSP 芯片 TMS320FL2407 做为控制中心, 辅助外围电路来实现系统控制。

2.1 系统硬件电路

控制系统主要采用 DS1002 型系统板及其多路 I/O 板, 系统主要由数字信号处理芯片 TMS320FL2407 中心及相应接口外围电路组成, 包括加热器件可控驱动电路、温度采集 A/D 电路、温度设定键盘输入、温度显示电路和报警电路等。实时控制系统硬件电路原理如图 3 所示。



图 3 DSP 控制系统框图

(1) DSP 数字处理电路。对接收温度传感检测而转化成数字信号进行运算处理, 同时完成上位机预测状态的处理, 输出执行控制信号;

(2) 加热器件可控驱动电路。控制加热器的执行机构可以采用传统的继电器类和可控硅类型, 但其控制简单、性能差。本加热温度控制系统采用 PID 方式, 模拟量自动调节电压相角, 可以进行温度的连续控制, 解决温度控制的精度和稳定度要求, 实现控制温度精度达到 ± 2 $^{\circ}\text{C}$ 。根据温度传感器提供感应回馈的采样数据, DSP 输出的 PWM 控制信号, 控制加热器的执行元件, 达到在线实时控制锡炉温度的目的;

(3) 温度、电压和电流采集 A/D 电路。系统在初始化工作时, 不断地通过传感器采集当前的锡炉实时温度。系统板通过 I/O 板将温度传感器采集的模拟数据和温度误差完成 A/D 转换后, 由高速通路送入 DSP 控制中心, 同时结合电压电流数据, 将采集数据与比较寄存器内的设定值进行比较运算, 经 DSP 高速运算处理后进行 D/A 转换, 进入控制执行机构;

(4) 温度设定键盘输入。系统的温度控制参数的输入由 8 个输入轻触按键通过串口与 DSP 系统板之间的通信实现;

(5) 显示电路和报警电路。显示电路组成单元由液晶模块板、指示发光二极管和相应的驱动电路构成。液晶模块板显示系统的运行参数, 主要由大字体显示锡炉实

网络与通信 Network and Communication

时温度,同时以小字体显示当前加热器的电压和电流。正常工作时,电源指示二极管发红光,工作指示二极管发绿光;当工作指示二极管发黄光时,预示系统电路出现故障,锡炉温度有可能出现异常,需要断开控制系统维修或重新启动系统及复位。同时给出报警提示声音,DSP控制输出端送出断开可硅电路的控制电压,停止加热器继续工作。报警电路有喇叭及其驱动放大电路组成,报警声音由软件编程来实现。

2.2 系统软件

在系统芯片中选用 TMS320LF2407,通过上位机把 C 语言开发的算法经编译连接后,转换为 DSP 能接收的目标文件格式(COFF),加载到 DSP 进行执行控制。图 4 为控制系统软件流程图。采集温度传感器的模拟参数经过 A/D 转化为数字信号,用 C 语言编写的控制算法通过 CL30 开发工具进行编译,传到 DSP 系统板加以运算控制,获得控制驱动信号。在 DSP 控制中心,对基于神经网络预测算法的过程中,上位 PC 机通过 RAM 进行状态信息的捕捉,实时监测控制系统的参数性能,为温度控制系统的控制算法提供有力分析依据,完成系统的调试。

控制系统经过系统初始化后开中断,并进行各种功

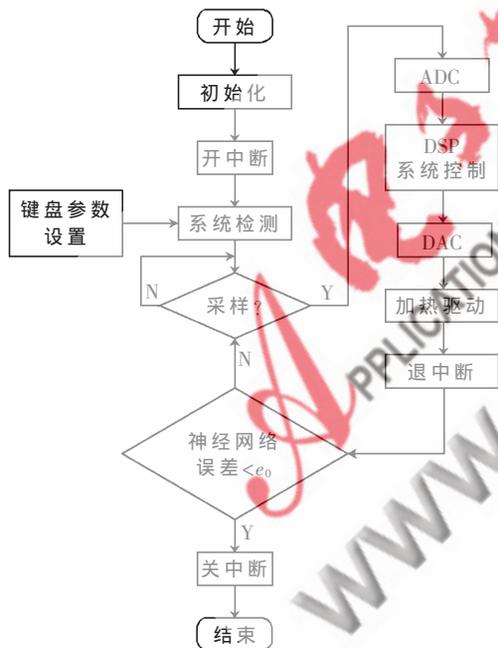


图 4 基于神经网络和 DSP 控制软件流程图

能检测。温度参数采样进行 A/D 转换成数字信号,送入 DSP 运算中心进行数字处理,输出控制信号经 D/A 转换用以驱动执行机构。定时器 T_0 作为采样设定周期,每个采样周期完成一次采样和运算分析处理,直到预测神经网络学习完成,退出中断而停止。

3 系统应用结果

在电路中安装温度、电压和电流检测装置,经过电路实验,在 DSP 中植入预测神经网络算法的结果,从而实现温度 PID 控制,其温度控制曲线如图 5 所示。

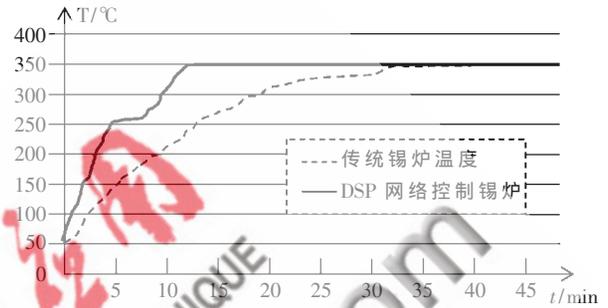


图 5 温度控制曲线图

将预测神经网络和 DSP 高速运算处理相结合的方法应用到锡炉的温度 PID 控制系统中,大大提高了控制系统温度的稳定性和精度,为电子元件在装配过程中提供了可靠的焊接温度,降低了因装接高温而损坏元件和电路板的可能性。

参考文献

- [1] 蒋宗礼.人工神经网络导论[M].北京:高等教育出版社,2001:39-52.
- [2] 王永骥,涂健.神经网络控制[M].北京:机械工业出版社,1999:1-68.
- [3] 刘铁男.多层前向神经网络的新型二阶学习算法[J].控制理论与应用,2000,17(5):721-724.
- [4] 朱志甫.DSP 在锅炉给水变频控制系统中的应用[J].河南科技大学学报(自然科学版),2007,28(4):21-32.

(收稿日期:2010-03-16)

作者简介:

钟峰,男,1982年生,助教,在读硕士,主要研究方向:应用电子技术、单片机开发、嵌入式技术应用及教育教学。

陈承贵,男,1972年生,讲师,主要研究方向:通信、单片机、DSP、嵌入式应用。