

大林算法在炉温控制中的应用

杨琳娟 李秋明 顾德英

(东北大学秦皇岛分校 秦皇岛 066004)

摘要 针对具有纯滞后环节的电阻炉温度控制系统,采用大林算法设计,经仿真后得到良好的控制效果,其性能远优越于 PID 控制。

关键词 大林算法 PID 控制 温度控制

Dahllin Algorithm Application in a Temperature Control System

Yang Linjuan Li Qiuming Gu Deying

(Northeastern University at Qinhuangdao, Qinhuangdao 066004, China)

Abstract Dahllin algorithm is used to design a temperature control system of impedance oven which has a pure time-delay factor. Simulations show that the method is better than PID control method.

Key words Dahllin algorithm PID control Temperature control

1 引 言

在温度控制技术领域中,普遍采用 PID 控制算法。但是在一些具有纯滞后环节的系统中,PID 控制很难兼顾动、静两方面的性能,而且多参数整定也很难实现最佳控制。若采用大林算法,可做到无或者小超调,无或小稳态误差。控制效果比较理想。

晶闸管作为功率放大器件,对电阻炉提供可控制功率输入。温度经过热电偶检测、放大、多路模拟切换开关、A/D 转换器再送入计算机。在计算机内部,主机将采样值与给定值比较后进行控制算法计算,再经 D/A 转换器变成模拟量,然后经输出控制电路控制晶闸管,通过控制晶闸管导通角的大小来控制温度。

被控对象可以近似认为是一带有纯滞后的一阶惯性环节,其传递函数如式

$$G_e(s) = \frac{Ke^{-\theta s}}{\tau s + 1} \quad (\theta = NT)$$

其中, τ 为对象的时间常数; θ 为对象纯延迟时间,为了简化,设其为采样周期的整数倍,即 N 为正整数。

3 大林控制算法

大林算法是由美国 IBM 公司的大林(Dahllin)于 1968 年针对工业生产过程中含纯滞后的控制对象的控制算法。该算法的设计目标是设计一个合适的数字控制器,使整个系统的闭环传递函数为带有原纯滞后时间的一阶惯性环节。由图 1 可知,温控炉的传递函数为

$$G_e(s) = \frac{Ke^{-\theta s}}{1 + \tau_1 s}$$

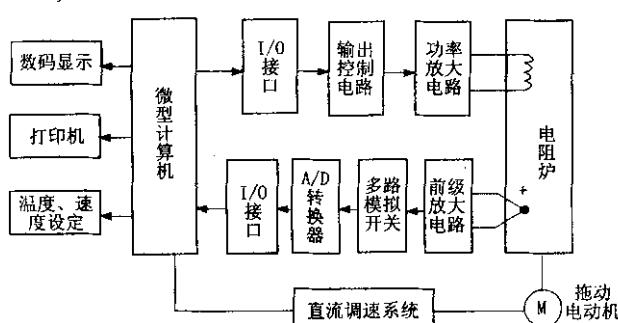
式中: τ_1 —— 温控炉时间常数

K —— 调节系统总的放大倍数

图 1 炉温控制系统的硬件原理

2 系统的组成及原理

炉温控制系统的硬件原理如图 1 所示。系统采用



θ ——系统的纯滞后时间,且 $\theta=NT$, T 为采样周期

把图 1 中的 A/D 转换器近似为一采样开关,D/A 转换器划归零阶保持器内,其传递函数为:

$$G(s) = \frac{1-e^{-Ts}}{s}$$

故系统是一具有零阶保持器的单变量调节系统,整个闭环系统的脉冲传递函数为:

$$\begin{aligned} G(z) &= Z\left[\frac{1-e^{-Ts}}{s} \cdot \frac{Ke^{-NTS}}{1+\tau_1 s}\right] \\ &= K \frac{(1-e^{-T/\tau_1})z^{-N-1}}{1-e^{-T/\tau} z^{-1}} \end{aligned}$$

系统的整个闭环脉冲传递函数为:

$$\Phi(z) = \frac{(1-e^{-T/\tau})Z^{-N-1}}{1-e^{-T/\tau} z^{-1}}$$

故根据数字控制器的设计式可得:

$$\begin{aligned} D(z) &= \frac{\Phi(z)}{G(z)[1-\Phi(z)]} \\ &= \frac{(1-e^{-T/\tau} z^{-1})(1-e^{-T/\tau})}{K(1-e^{-T/\tau_1})[1-e^{-T/\tau} z^{-1} - (1-e^{-T/\tau})z^{-N-1}]} \end{aligned}$$

式中: T ——采样周期

τ_1 ——被控对象的时间常数

τ ——闭环系统的时间常数

$D(z)$ 为温控炉按大林算法得出的数字控制器的数学模型。为了计算机实现比较方便,把 $D(z)$ 进一步简化为:

$$D(z) = \frac{a_0 - a_1 z^{-1}}{1 - b_1 z^{-1} - b_2 z^{-n-1}}$$

其中:

$$a_0 = \frac{1-e^{-T/\tau}}{K(1-e^{-T/\tau_1})}$$

$$a_1 = \frac{e^{-T/\tau} - e^{-(T/\tau_1)-(T/\tau)}}{K(1-e^{-T/\tau_1})}$$

$$b_1 = e^{-T/\tau}$$

$$b_2 = 1 - e^{-T/\tau}$$

当由系统的飞升特性曲线确定出 τ 和 τ_1 后,系数 a_0, a_1, b_1, b_2 可分别求出。

数字控制器用差分方程表示为:

$$U(k) = a_0 E(k) - a_1 E(k-1) + b_1 U(k-1) + b_2 U(k-N-1)$$

式中: $U(k)$ ——数字控制器的输出

$E(k)$ ——偏差信号

$U(k)$ 即为设计数字控制器的数学模型

4 大林算法软件设计流程图

万方数据

数字控制器是控制系统的中心,用它对被测参数

进行自动调节,这里采用直接程序设计法进行设计。程序设计流程图如图 2。

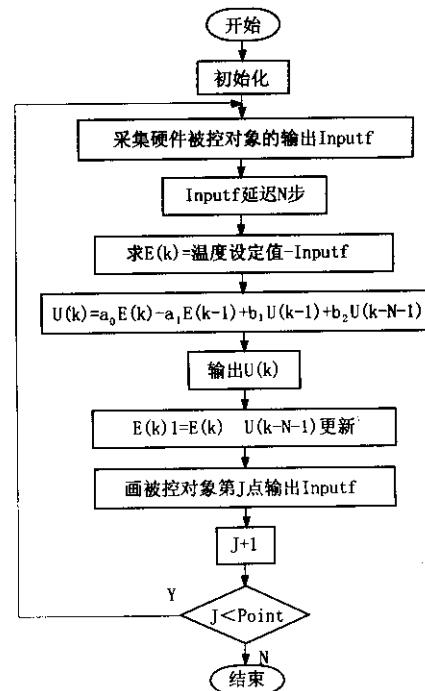


图 2 大林算法程序设计流程图

$E(k)$ 是误差, $E(k)1$ 是上一次的误差, $U(k)$ 是控制量,采样周期(0.01~10s),采样点数(50~999)。

5 仿真结果

炉子的传递函数参数可以通过参数辨识得到,在这里取 $K=2$, $\theta=50s$, $\tau=50s$ 。设给定温度为 50℃,采样时间 $T=10s$ 。

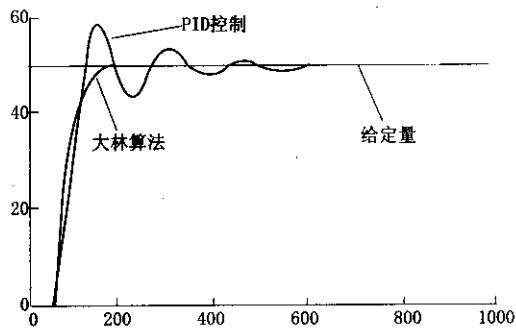


图 3 炉温控制系统在 $\tau_1=20s$, $T=10s$ 时不同算法的仿真响应曲线

当采用大林算法进行仿真时, $N=\theta/T=5$, 通过调

(下转第 454 页)

或多个传感器所取得的参考输入加以过滤，并从包含信号和噪声的原始输入中减法，最后结果是原始信号中的噪声或干扰受到衰减或被消除，并尽量保留了有用信号。噪声(干扰)对消可完成时间域(频域)的滤波，也可实现空间域的滤波，因此自适应干扰对消具有广泛的应用范围。例如消除心电图中的电源干扰、检测胎儿心音时滤除母亲的心音及背景干扰、在有多人讲话的场合下提取某人的讲话、作为天线阵列的自适应旁瓣对消器。

5 结束语

自适应滤波器的应用越来越广泛，因此设计合适的滤波器就更重要了。滤波器的性能主要取决于自适应算法。传统的 LMS 自适应滤波器的算法是最基本的，要得到更加理想的输出，必须使用改进的 LMS 算

法。在 LMS 算法中， u 的选取必须在收敛速度和失调之间取得较好的折中，既具有较快的收敛速度，又要使稳态误差最小。可见，收敛速度、稳态误差和计算复杂度是衡量一个自适应滤波算法性能优劣的三个主要参数。

参考文献

- 沈福民. 自适应信号处理. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2001.
- 姚天任, 孙洪. 现代数字信号处理. 武汉: 华中科技大学出版社, 1999.
- 何振亚. 自适应信号处理. 北京: 科学出版社, 2002.
- 高鹰, 谢胜利. 一种变步长 LMS 自适应滤波算法及分析. 电子学报, 2001, 29(8): 1094~1097.
- Simonh. 自适应滤波器理论. 北京: 电子工业出版社, 1998.

(上接第 451 页)

节 τ_1 ，使闭环系统的指标达到最佳。在实际整定中发现，当 τ_1 太小时，调整快，但容易引起系统振荡； τ_1 太大时，系统稳定性好，但响应变慢。仿真结果如图 3 所示，从图中可以看出，用大林算法几乎没有超调，调节时间也比较小，控制效果较为理想。

6 结束语

在带有纯滞后环节的温度控制系统中，为了减小超调，减小静态误差，采用大林算法控制可以得到比较

理想的控制效果。

参考文献

- 潘新民, 王燕芳. 微型计算机控制技术. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- 刘明兰, 王运梅. B-B 大林算法在炉温微机控制系统中的应用. 冶金自动化, 1990(9).
- 赵德元. 电阻炉温度的大林算法控制. 成都大学学报, 2004(2): 25~29.