

大林算法在纯滞后控制系统中的应用研究

师玉宝

(青海大学化工学院,青海 810016)

[摘要] 利用大林算法设计一计算机控制系统,能较好地解决对象的滞后问题。本文介绍对管道温度采用大林算法进行控制的原理、数学模型、程序编写及其在微机中的实现。

[关键词] 大林算法 数字 PID 算法 纯滞后

[中图分类号] TP273 [文献标识码] A [文章编号] 1000-0682(2001)04-0006-02

Research on Dalin algorithm and its application to a pure lag control system

SHI Yu-bao

(Chemical Engineering College of Qinghai University, Xining 810016, China)

Abstract: This paper presents the use of Dalin algorithm to design a computer-based control system, which can solve the lag problem rather well. The paper also describes the principle of controlling the pipe temperature, the designed mathematic model, programming and their performance in the microcomputer.

Key words: Dalin algorithm; Digital PID algorithm; Pure lag

1 引言

许多实际工程中(如化工及热工过程),经常遇到一些纯滞后调节系统,往往滞后时间比较长。对于这样的系统,人们较为感兴趣的是要求系统没有超调量或很少超调量,超调成为主要的设计指标。尤其是具有滞后的控制系统,用一般的随动系统设计方法是不行的,而且 PID 算法效果往往也欠佳。因此,本文在含有滞后的管道温度控制中引入大林算法,对解决滞后问题具有良好的效果。

2 控制系统的组成

许多生产过程中,如果工艺要求的参数控制不及时,则直接影响着产品质量的稳定。该系统要求把管道温度作为检测量,通过控制电热器的电流大小来达到稳定温度的目的。其控制组成如图 2—1 所示,计算机可采用一般 PC。图中测量温度用的热电偶其非线性采用计算机折线逼近方法,对采样模块采用定时中断方式,同时对采样值进行一阶滞后数字滤波,并用线性值进行标度变换,将采样值转换为温度。标度变换的公式为:

$$C = C_0 + (C_M - C_0) \frac{N_X - N_0}{N_M - N_0}$$

其中 C 表示实际参数测量值, C_M 表示参数量程上限值, C_0 表示参数量程下限值, N_M 表示参数量程上限对应的数字量, N_0 表示量程下限对应的数字量, N_X 表示测量值对应的数字量。此式计算由标度子程序实现。

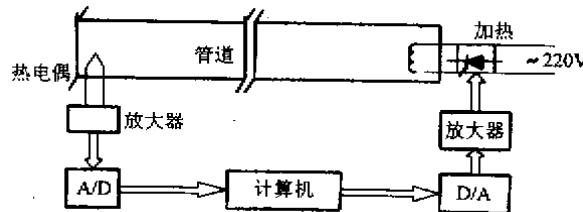


图 2—1 系统组成图

3 大林算法——数字控制器的数学模型

管道对象可近似为一带有纯滞后的一阶惯性环节,其传递函数为:

$$G(s) = \frac{Ke^{-\theta s}}{\tau_1 s + 1} \quad \theta = NT \quad (3-1)$$

其中 τ_1 为对象的时间常数; θ 为对象纯滞后时间,为了简化,设它为采样周期的整数倍,即 N 为整数。

大林算法的设计目标是设计一个合适的数字控制器,使整个闭环系统的传递函数相当于一个带有纯滞后的一阶惯性环节即

$$\phi(s) = \frac{e^{-\theta s}}{\tau s + 1} \quad \theta = NT \quad (3-2)$$

而直接数字控制器可由式

$$D(Z) = \frac{\phi(Z)}{G(Z) [1 - \phi(Z)]} \quad (3-3)$$

又一般认为对象与一个零阶保持器相串联, $\phi(s)$ 相对应的整个闭环系统的脉冲传递函数是:

$$\phi(z) = Z \left[\frac{1 - e^{-Ts}}{S} \cdot \frac{e^{-NTS}}{\tau s + 1} \right] = \frac{Z^{-N-1} (1 - e^{-T/\tau})}{1 - e^{-T/\tau} Z^{-1}} \quad (3-4)$$

式(3-4)代入式(3-3)得:

$$D(Z) = \frac{1}{G(Z)} \left[\frac{Z^{-N-1} (1 - e^{-T/\tau})}{1 - e^{-T/\tau} Z^{-1} - Z^{-N-1} (1 - e^{-T/\tau})} \right] \quad (3-5)$$

由 $D(Z)$ 式可知, 它与被控对象 $G_C(S)$ 有关, 而 $G_C(S)$ 可由实验测取法求取。由于管道可近似认为是一纯滞后的一阶惯性环节, 其传递函数为:

$G_C(S) = \frac{k_p e^{-\theta s}}{\tau_1 s + 1}$ 式中 k_p 为对象的放大倍数, τ_1 为对象的时间常数, θ 为对象的纯滞后时间, 且 $\theta = NT$, N 为正整数。A/D 可近似为一采样开关, D/A 环节可近似为一零阶保持器, 由式 $G_0 = \frac{1 - e^{-TS}}{S}$ 表示。

其组成原理框图如图 3-1。整个系统的传递函数为:

$$G(Z) = Z [G_0(S) * G_C(S)] = \frac{K_p Z^{-N-1} (1 - e^{-T/\tau_1})}{1 - e^{-T/\tau_1} Z^{-1}} \quad (3-6)$$

式(3-6)代入式(3-5)得

$$D(Z) = \frac{(1 - e^{-T/\tau_1} Z^{-1}) (1 - e^{-T/\tau})}{K_p (1 - e^{-T/\tau_1}) [1 - e^{-T/\tau} Z^{-1} - (1 - e^{-T/\tau}) Z^{-N-1}]} \quad (3-7)$$

T 为采样周期, τ_1 为对象时间常数, τ 为闭环系统的时间常数。上式可简化为:

$$D(Z) = \frac{a_0 - a_1 Z^{-1}}{1 - b_1 Z^{-1} - b_2 Z^{-N-1}} \quad (3-8)$$

其中 $a_0 = \frac{1 - e^{-T/\tau}}{K_p (1 - e^{-T/\tau_1})}$, $a_1 = \frac{e^{-T/\tau_1} - e^{-(T/\tau_1)(1/\tau)}}{K_p (1 - e^{-T/\tau_1})}$
 $b_1 = e^{-T/\tau}$, $b_2 = 1 - e^{-T/\tau}$

根据 $D(Z) = U(Z)/E(Z)$ 得出差分方程:

$$U(K) = b_1 U(K-1) + b_2 U(K-N-1) + a_0 E(K) - a_1 E(K-1) \quad (3-9)$$

$U(K)$ 为数字控制器的输出, $E(K)$ 为偏差信号。

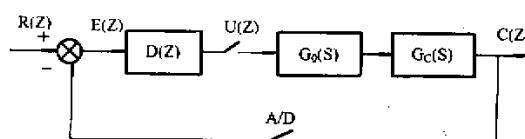


图 3-1 温度控制系统方框图

式(3-9)即为所设计的数字控制器(大林算法)的数学模型。并且很容易用计算机进行编程, 编程过程中, 误差值 $E(K)$, $E(K-1)$ 和输出值 $U(K-1)$, $U(K-N-1)$ 在初值程序中应首先清零。(以上所有

模块均由汇编语言编制, 程序略)

4 结果

应用大林算法进行控制, 需要对参数进行整定。具体的方法是由系统的飞升曲线确定对象的纯滞后时间 θ 和系统时间常数 τ_1 后, 选取合适的采样周期 T , 由 $N = \theta/T$ 确定 N , 则可以求得时间常数 τ 的参考值, 然后再不断地去调整 τ 值, 直到闭环系统的指标达到最佳, 这时 a_0 , a_1 , b_1 , b_2 就已确定。

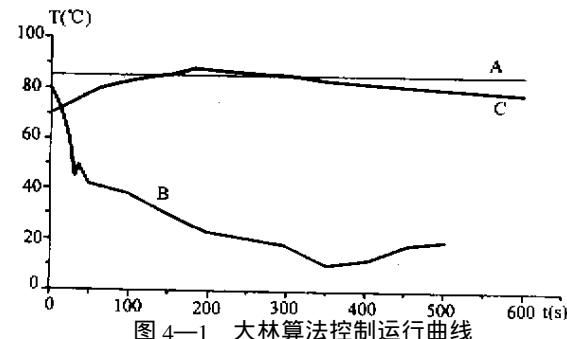


图 4-1 大林算法控制运行曲线

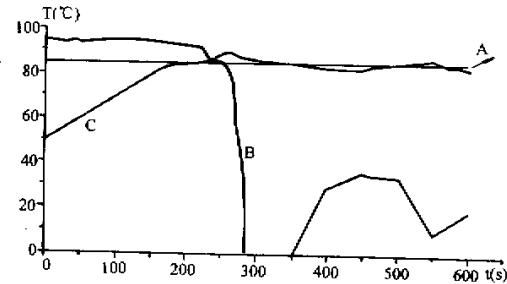


图 4-2 PID 算法控制运行曲线

我们曾先后采用数字 PID 和大林两种算法进行温度控制的设计。下面给出两种运行结果如图 4-1 和图 4-2 所示曲线, 曲线中 A 表示设定温度曲线, B 表示调节曲线, C 表示实际温度曲线。由两种结果比较可知, 大林算法的控制效果优于数字 PID 算法。用大林算法控制的实时温度曲线的最大超调量小于数字 PID 算法的控制, 并且调整也明显小于 PID 算法控制时的结果。由此可见, 对于具有纯滞后的工业对象, 尤其是温度对象, 大林算法在控制过程中具有较好的效果。

[参考文献]

- [1] 潘新民. 微型计算机控制技术[M]. 人民邮电出版社, 1986.8.
- [2] 沈平. 时间滞后调节系统[M]. 化学工业出版社, 1985.6.
- [3] 周春晖. 化工过程控制原理[M]. 化学工业出版社, 1980.12.
- [4] 王景标等. 过程计算机控制[M]. 清华大学出版社, 1992.2.