

# 三菱 PLC 实现智能 PID 控制及其应用

徐华军

(无锡商业职业技术学院电子工程系,江苏 无锡 214153)

**【摘要】**以三菱 PLC 为核心的温度控制系统,采用了专家智能 PID 控制方法,利用专家系统知识库输出修正 PID 参数以及改变 PID 控制方式。实践表明该方法简单易行、适应性好、鲁棒性强。

**【关键词】**PLC;智能 PID;专家系统;温度控制

**【中图分类号】** TP315

**【文献标识码】** A

**【文章编号】** 1007-7723(2005)05-0061-02

常规的 PID 调节具有结构简单、稳定性好、可靠性高,易于工程实现等优点,其主要问题是参数整定问题,一旦整定计算好后,在整个控制过程中都是固定不变的,而在实际系统中,由于系统状态和参数等发生变化,控制过程具有大滞后、非线性、时变性,采用常规 PID 控制较难获得最佳的控制效果。本文提出一种用 PLC 实现的智能 PID 控制方法,并对其在高精度控温中的应用进行了探讨。

## 一、智能 PID 控制的基本原理

智能 PID 控制就是将智能控制(intelligent control)与传统的 PID 控制相结合,是自适应的,其控制器参数可以实时地在线自动调整,不依赖系统精确数学模型,对系统参数变化具有较好的适应性,具有较强的鲁棒性和抗干扰能力。智能 PID 控制主要有模糊 PID 控制、专家 PID 控制和基于神经网络的 PID 控制等,本文主要讨论专家 PID 控制。

专家 PID 控制是在常规 PID 控制基础上,引入专家及操作者的经验即专家系统(Expert System),其内部具有某个领域中大量专家水平的知识与经验,能够利用人类专家的知识 and 解决问题的方法来解决该领域的问题。因此它的核心是知识库的建立。模仿人的经验和知识,来确定和修正控制规律,使控制规律更适合于控制对象,控制效果更好。

专家 PID 控制的结构图如图 1 所示:

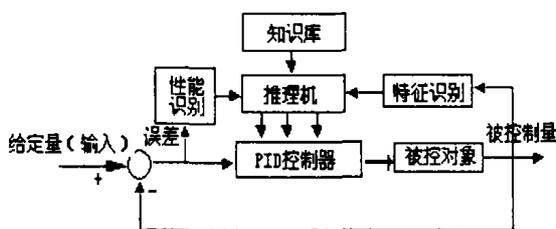


图1 专家PID控制结构图

由于产生式规则库结构简单,易于修改,适合于 PLC 实现,故控制器中的知识规则采用产生式规则,其基本形式为:

IF(条件),THEN(动作)

数据库的事实知识选取如下数据  $e(t)$ 、 $e_c(t)$ 、 $u(t)$ 、 $e_{min}$ 、 $e_{max}$ 、 $u_{min}$ 。其中: $e(t)$ 是偏差, $e(t)=SV-PV$ ; $e_c(t)$ 是偏差变化率, $e_c(t)=e(t)-e(t-1)$ ; $u(t)$ 是控制量; $e_{min}$ 是最小允许偏差; $e_{max}$ 是最大允许偏差; $u_{max}$ 是最大控制量。

利用上述数据,构成有关的知识库,事实知识的构成简单而无相交,因此任何情况都能找到唯一的匹配条件,触发相应的控制规则。控制规则及依据如下:

1. 若  $|e(t)| > e_{max}$ , 则  $u(t) = u_{max}$ 。说明偏差过大,则相应控制量应最大,加快升温速度,尽快减小偏差。
2. 若  $|e(t)| < e_{min}$ , 则  $u(t) = u(t-1)$ 。说明偏差已达到允许范围,控制量不变,维持现状。
3. 若  $e_{min} < |e(t)| < e_{max}$ , 且  $e(t) \cdot e_c(t) > 0$ , 则  $u(t) = u(t-1) + K1e(t)$ 。根据偏差及偏差变化趋势(图 2)可知,实际值正远离设定值,控制量明显减小,应增加较大的控制量,尽快减小偏差。

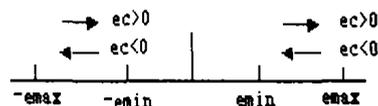


图2 偏差及其趋势

4. 若  $e_{min} < |e(t)| < e_{max}$ , 且  $e(t) \cdot e_c(t) = 0$ , 则  $u(t) = u(t-1) + K2e(t)$ 。偏差值恒定不变,呈稳定状态,应增加较小的控制量,使偏差减小。
5. 若  $e_{min} < |e(t)| < e_{max}$ , 且  $e(t) \cdot e_c(t) < 0$ , 则  $u(t) = u(t-1) + K3e(t) + K4e_c(t)/e(t)$ 。实际值正不断接近设定值,一方面随着偏差减小,相应的控制量可以增加很小或者不增加;另一方面,  $|e_c(t)/e(t)|$  值越大,表明实际值趋向设定值的程度越强,为防止过冲,应当适当减小控制量。

上述  $K1$ 、 $K2$ 、 $K3$ 、 $K4$  为系数,它们直接影响控制性能,根据控制趋势,应有  $K1 > K2 > K3 \geq 0, K4 \geq 0$ 。当  $K4=0$  时,不考虑提前减小控制量;当  $K3=0$  时,不考虑增加控制量,上述系数根据系统实际确定。

对控制规律进行了以上的分段处理后,可在实际温度与设定温度偏差较大时,以较大的速度平缓的升温或降温。在接近恒温时又不会因太大的惯性而引起振荡,从而减少了过渡过程的时间。

## 二、高精度温度控制系统的设计

在工业生产中经常需要高稳定度的恒温环境,传统的模拟式仪表温度控制,以简单的 PID 来实现,此类仪表对环境条件和控制参数较敏感,较难达到理想的波动度,即使能达到要求的波动度时,也需要较长的过渡时间。我们采用智能 PID

**【收稿日期】** 2005-02-15

**【作者简介】** 徐华军(1979—),男,江苏盐城人,无锡商业职业技术学院助教。

控制算法,以三菱公司 FX2N 系列 PLC 作为核心部件,实现恒温控制。系统的控制原理框图如 3 所示。

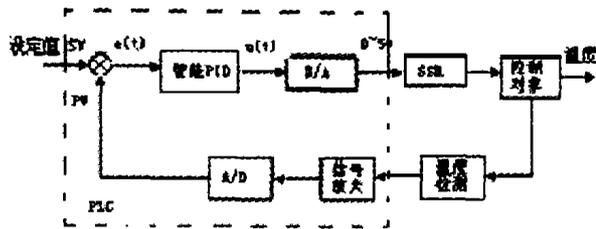


图3 系统控制原理框图

温度检测器由 PT100 铂电阻构成,用来实时检测温度输出,经 RTD 模块放大后送给 A/D 转换模块。A/D 转换采用三菱 FX2N-4AD 完成,该模块有四个模拟量输入通道,12 位的分辨率,总体精度在+1%,转换速度 15ms/通道。转换后的数据存入 PLC 内部数据寄存器。PLC 根据采集的信号计算出偏差  $e(t)$  和偏差变化率  $ec(t)$ ,按照智能 PID 的控制规则计算控制量  $u(t)$ ,并输出控制量  $u(t)$ 。经 PLC 的 D/A 转换,转换成 0~ 5V 的电压信号,送至调压模块 SSR,并驱动调压模块以调节电加热丝的工作电流,实现系统的温度控制。D/A 转换模块采用三菱 FX2N-4DA,核模块有四通道的 D/A 输出,总体精度+1%,转换速度 2.1ms。在温度采集时,运用 FROM(FNC78)指令采样 5 次求平均值,在软件上设计数字滤波程序,实现每个通道数据的均值滤波,力求在扰动多、滞后大的系统中提高数据的准确性和真实性。

### 三、智能 PID 的软件设计

#### (一)控制算法

设数据寄存器 D0~D5 分别存储偏差值  $e_1 \sim e_6$ ,D6~ D7 分别存储偏差变化率  $ec_1 \sim ec_2$ 。

偏差及偏差变化率区域划分如图 4 所示。



图4 偏差及偏差变化率区域划分

M7 区:加最大区,偏差太大,应最大限度地增加控制量,尽快减小偏差。

M6 区:快速增加区,偏差较大,应比较快地增加控制量。

M5 区:慢加区,偏差较小,应较慢地增加控制量;但是  $ec$  属于 M8 区时,实际值较

快地接近设定值,为防止过冲,可适当减少一些控制量。

M4 区:保持区,偏差已控制在允许范围内,控制量不变。

M3 区:慢减区,与 M5 区类似。

M2 区:快减区,与 M6 区类似。

M1 区:减最大区,与 M7 区类似。

#### (二)区域划分

系统采用三菱 FX2N 系列 PLC 的比较指令 CMP(FNC10)实现区域划分。设 D100 为偏差,D102 为偏差变化率,则实现区域 M1~M7、M8~M10 划分的梯形图程序如图 5 所示。

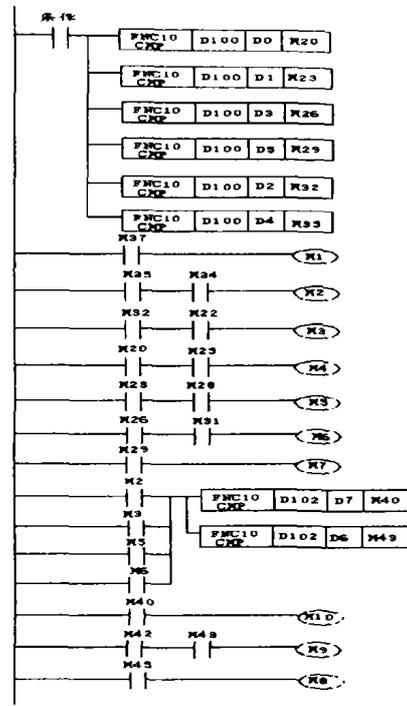


图5 M1~M7、M8~M10 的区域划分

PLC 对偏差  $e(t)$  及偏差变化率  $ec(t)$  所在的区域进行相应的判断,并按规则(1)~ (5) 进行逻辑运算,即可得到当前所需的控制量  $u(t)$ 。

#### (三)控制量的修正

由于被控温度是一个连续变化的物理量,不可能在相邻几个控制周期里发生大的突变,所以控制量也不应发生大的突变。基于此,为防止由于温度测量不准确而使计算出的控制量  $u(t)$  波动过大,影响恒温效果,在 PID 控制阶段按照  $u(t)=u(t-1)+\Delta u$  计算出  $u(t)$  对其进行修正。

当  $\Delta u > 0$  时,控制量增量  $\Delta u$  的 PLC 实现方法如图 6 (a) 所示。D10 表示当前控制量  $u(t)$ ,D104 为控制量增量  $\Delta u$ ,上述程序表示当条件 1 成立时,每隔 D200 时间,控制量  $u(t)$  增加 D104 值;

当  $\Delta u < 0$  时, $\Delta u$  的 PLC 实现如图 6(b) 所示。D10 表示当前控制量  $u(t)$ ,D104 为控制量增量  $\Delta u$ ,上述程序表示当条件 2 成立时,每隔 D202 时间,控制量减小 D104 值。

### 四、结论

上述智能 PID 控制方法具有波动小,过度时间短,对环境和控制参数不敏感的特点,其性能指标远远优于常规 PID 控制。应用中可采用三菱 GOT 人机界面实现对其内部数据的监控与设置,实践证明,该系统动态响应快,控制效果良好。

智能 PID 控制将人的丰富操作经验与 PID 控制的良好适应性和稳定性相结合,具有较好的应用前景。

#### 【参考文献】

- [1]陶永华,尹怡欣,葛芦生.新型 PID 控制[M].机械工业出版社,1999.
- [2]张仲俊,等.智能控制和智能控制系统[M].机械工业出版社,1995.
- [3]刘明兰,等.基于智能 PID 规则的专家控制器[J].武汉汽车工业大学学报,1997,19(2).
- [4]周梅芳,等.基于 PLC 的智能 PID 控制方法及其应用[J].化工自动化仪表,2003,30(6).