

# PLC 在模糊控制中的应用

张崇智

(中国一航 北京航空材料研究院, 北京 100095)

摘要: 阐述了应用 PLC 进行模糊控制的控制原理、设计及模拟分析。该设计采用分区控制的方法, 具有过冲小、调节迅速、运行平稳等优点。

关键词: PLC; D/A 转换; 模糊控制

在自动控制领域中, 对于难以建立数学模型、非线性、大滞后和时变的控制对象采用传统的控制策略, 如 PID, 往往难以实现自动控制, 比如各种工业窑炉、水处理等; 对于这样的系统, 由操作人员凭直觉和经验来进行手动操作却往往运行得比较好。

采用模糊逻辑把人的控制经验归纳为用定性描述的一组条件语句, 然后利用模糊集理论, 将其定量化, 使控制器得以接受人的经验、模仿人的操作策略, 这就形成了所谓的模糊控制器。这种控制器来自于操作员的经验或实际实验的结果, 而不是来自于数学模型。可以完全替代人的手动操作, 可克服人的不确定因素, 使系统具有更高的可靠性; 更重要的是它能解决传统基于线性系统理论难以解决的控制问题: 传统的控制系统设计, 总是假定对象为严格线性的, 这种简化只适用在稳定条件下, 当强干扰使过程操作点远离原设定的工作点时, 这种线性的假设将不成立。同样, 随着时间的推移, 过程参数发生变化后, 也是如此。在这种情况下, 用模糊控制器扩展或替代 PID 控制器, 将达到更好的控制性能, 甚至比传统的我们熟悉的状态控制器或自适应算法还好。正是因为模糊控制的这些优点, 目前已成功地应用在工业过程控制、机器人、家用电器等诸多领域。

模糊控制不需要建立精确的数学模型, 即可实现用户的要求, 具有较好的鲁棒性。为此, 我们采用三菱公司的 PLC 进行了模拟试验并取得了很好的效果。

## 1 模糊控制的规则及原理

### 1.1 输入与输出变量

图 1 所示模糊控制器, 设被控对象的给定值为  $y_0$ , 实测值为  $y(t)$ , 则闭环偏差为  $e$

$$e = y(t) - y_0$$

偏差变化率为  $e$

$$e = e_t - e_{t-1}$$

式中:  $e_t$  为当前时刻的偏差;  $e_{t-1}$  为前一个采样时刻的偏差

设定采样周期为 10 秒。由于模糊控制规则是根据人们对过程控制的操作经验制定的, 所以模糊控制器总是选择偏差  $e$  和偏差变化率  $e$  作为输入变量, 而把控制量  $u$  作为控制器的输出变量。PLC 的 D/A 模块实现执行元件的输出。

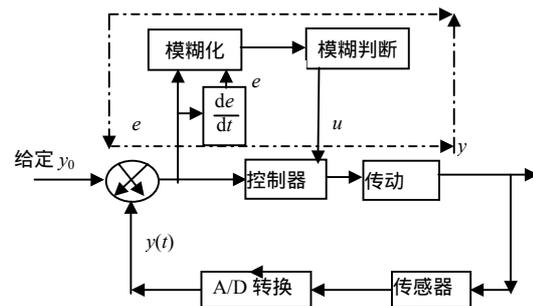


图 1 模糊控制器

### 1.2 模糊控制调节机构

将所选择的模糊子集进行匹配, 首先将模糊变量  $e$  和  $e$  分成 7 档:

$$e = \{NL, NM, NS, Z, PS, PM, PL\}$$

$$e = \{NL, NM, NS, Z, PS, PM, PL\}$$

上述子集缩写符号和取值说明如下:

NL 为负大,  $NL = -3$ ; NM 为负中,  $NM = -2$ ; NS 为负小,  $NS = -1$ ; Z 为零,  $Z = 0$ ; PS 为正小,  $PS = 1$ ; PM 为正中,  $PM = 2$ ; PL 为正大,  $PL = 3$ 。

然后, 根据这两个变量可以得到另一个模糊变量集  $u$ 。由经验所确定的  $u$  值输入到 PLC, 即可实现过程的控制。 $u = \{-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3\}$ , 事实上,  $u$  的子集仅代表 7 个档(多少由  $e$  和  $e$  而定), 数值内容由技术要求而定(见表 1)。

## 2 模糊算法的 PLC 实现

通过对比分析决定采用了日本三菱公司 FX2 系列

PLC,按照上述要求进行编程,由于 FX2 的功能指令十分强大,所以整个模糊控制算法子程序编制非常容易。控制系统由 FX2-24MT 基本单元、FX-4AD 模拟量输入模块和 FX-2AD 模拟量输出模块组成。表中的控制量按列顺序由编程器存入 PLC 的文件寄存器中,控制量的首地址为 D1000,末地址为 D1048,计算偏移地址 Z 用变址寻址的方法查表。

表 1 模糊控制查询表

| u  |    | e  |    |    |    |    |    |   |
|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
|    |    | -3 | -2 | -1 | 0  | 1  | 2  | 3 |
| e' | -3 | -3 | -3 | -2 | -2 | -1 | -1 | 0 |
|    | -2 | -3 | -2 | -2 | -1 | -1 | 0  | 1 |
|    | -1 | -2 | -2 | -1 | -1 | 0  | 1  | 1 |
|    | 0  | -2 | -1 | -1 | 0  | 1  | 1  | 2 |
|    | 1  | -1 | -1 | 0  | 1  | 1  | 2  | 2 |
|    | 2  | -1 | 0  | 1  | 1  | 2  | 2  | 3 |
|    | 3  | 0  | 1  | 1  | 2  | 2  | 3  | 3 |

查询方法:

$$D0=e+3$$

$$D1=e +3$$

$$D2=6 \times D0+D1 \quad ZD1000+Z \text{ 就是控制量存放的地址。}$$

部分程序如下:

```
LD M8000
[ZCP K-3 K3 D10 M0]
[ZCP K-3 K3 D11 M3]
[BON D10 M10 K15]
[BON D11 M11 K15]
[BMOV D1000Z D20 K1]
```

当且仅当  $-3 < e < 3$ ,  $-3 < e' < 3$  时, CPU 采用模糊算

法,上面的程序中数据寄存器 D10 存储的是偏差  $e$ , D11 存储的是偏差变化率  $e'$ , D20 存储的是控制量  $u$ , M0 和 M3 是辅助继电器,指令执行后会产生三种可能结果,若  $e < -3$ ,则 M0 为 ON;若  $-3 < e < 3$ ,则 M1 为 ON;若  $e > 3$  则 M2 为 ON。类似地, $e'$  也分为三个区域,若  $e' < -3$ ,则 M3 为 ON;若  $-3 < e' < 3$ ,则 M4 为 ON;若  $e' > 3$ ,则 M5 为 ON;若  $e < 0$ ,则 M10 为 ON;若  $e > 0$ ,则 M11 为 ON。利用这些辅助继电器的值可以组合成九种逻辑控制条件,CPU 根据实际情况查表将控制量 D20 送到 D/A 模块来实现执行元件的输出。

### 3 结论

综合上述分析,可以看出,模糊控制是根据  $e$  和  $e'$  来确定控制量的,它既看现状又看动向,通过软件硬件的调试和模拟实验,表明它对设定的工艺曲线跟踪情况非常好,运行稳定,完全能够满足设计要求,可以成功应用到生产实践中去。

参考文献:

- [1]汤兵勇,路林吉,王文杰.模糊控制理论与应用技术[M].北京:清华大学出版社,2002.
- [2]余永权.模糊控制技术与模糊家用电器[M].北京:北京航空航天大学出版社,2000.
- [3]黄云龙.可编程控制器教程[M].科学出版社,2003.

(上接第 146 页)

### 3 故障 3

进口加工中心数控系统为 FANUC 11。主轴启动后,S 指令无效,主轴转速仅为  $1 \sim 2$  r/min,无任何报警。

测量主轴驱动板 VCMD 信号,发现在输入 S 指令的条件下,无论 S 指令如何变化(范围  $0 \sim 4500$  r/min),VCMD 总是为 0。这表明:速度控制指令信号没有到达主轴驱动板,没有报警说明执行的条件没有满足,机床还处于等待状态,否则应有报警出现。至于主轴的低速旋转应该是主轴的零点漂移造成的。通过对机床 PLC 梯形图的分析,发现主轴高、低速换档的标志信号 RG1、RG2 均为 0,这明显不对,正常情况下应该一个为“0”,一个为“1”。强制执行换低速档后,发现 RG1=1, RG2=0,条件满足,启动主轴,机床恢复正常。因此,从初步判断正是这个原因导致主轴的异常。继续检查,发现在执行 M42 换高速档时,虽然 RG1=0, RG2=1,条件满足,但启动主轴后,主轴驱动板上出现 AL-12 报警(过流报警),无法消除。关机重新启动机床后,AL-12 报警消除,可主轴仍然无法启动。再

执行 M42 换低速档, RG1=1、RG2=0,条件也满足,启动主轴,还是出现 AL-12 报警。同时发现,主轴箱在换档的过程中,有异常响声。这说明主轴箱内存在有机机械故障。检查主轴箱,发现换档机构正常,但齿轮边缘有变形现象。经修整后,安装好主轴电动机,启动机床,完全恢复正常。此外,通过调整系统 5613 号参数,消除了主轴零点漂移。

数控机床中的无报警故障大都是一些较难处理的故障。在有些故障中,以机械原因引起的较多,其次是一些综合因素引起的故障,对这些故障的修理一般具有一定的难度,特别是对故障的现象判断尤其重要。在数控机床的修理中,对这方面故障的判断经验只有在实践中进行摸索,不断总结,不断提高,以适应现代工业新型设备维修的需要。

参考文献:

- [1]王侃夫.数控机床故障诊断及维护[M].北京:机械工业出版社,2000.