

文章编号 1004-924X(2001)04-0385-03

模糊控制在橡胶硫化温度控制中的应用

张庆, 程维明, 沈耀宗, 沈振军
(上海大学机电与自动化学院, 上海 200072)

摘要:橡胶硫化温度控制是保证橡胶硫化正常进行的关键之一。由于模糊控制不必事先知道被控温度严格的数学模型,可根据操作人员的经验,来制定模糊控制规则,采用计算机和模糊控制理论来实现自动控制,可得到良好的控制效果。本文研究利用可编程序控制器(PLC)和简化的模糊控制理论,通过脉宽调制(PWM)的方法来实现硫化温度的自动控制。在要求的硫化温度在 $200 \pm 5^\circ\text{C}$ 时,实际温度可以连续8小时以上控制在 $200 \pm 1^\circ\text{C}$ 。因此可以得到良好的硫化质量。

关键词:PLC; 模糊控制; 脉宽调制; 温度

中图分类号:TQ330.67 **文献标识码:**A

1 引言

温度的控制是橡胶硫化过程中一个重要的环节,它直接影响着硫化质量的好坏。传统的控制方法能够较好地处理精确的量,而对象橡胶硫化含有不确定性过程的控制就显得无能为力了。由于模糊控制不需要被控对象严格的数学模型,可根据操作人员的经验来制定模糊控制规则,通过计算机来实现自动控制,因而得到广泛的应用。

本文主要研究模糊控制理论,结合可编程序控制器 PLC 在橡胶硫化温度控制中的应用。

2 模糊控制器

模糊控制的基本原理如图 1^[1-2]所示。

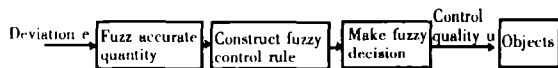


Fig. 1 Fuzzy control principle

模糊控制器是模糊控制的核心,一般就是一台计算机,它把以往凭经验而采用的方法转变成相应的控制规则,代替人控制一个生产过程。

由于控制对象的输入、输出都是精确物理量,因而必须有一个将精确量转换成模糊控制量或模糊量转化成精确量的过程。

2.1 偏差的模糊化

通常在计算机模糊控制中,偏差是由反馈值减去给定值得到的,设偏差 e 的论域为 X ,并将偏差大小量化为五个等级,分别表示为负大、负小、0、正小、正大,则有

$$X = \{NB, NS, 0, PS, PB\} \quad (1)$$

同样,控制量 u 的论域为 Y ,同 X 一样也将控制量的大小化为五个等级,则有

$$Y = \{NB, NS, 0, PS, PB\} \quad (2)$$

其中: N 代表负, P 代表正, S 代表小, B 代表大。

2.2 模糊控制规则

根据手动控制策略,模糊控制规则,可归纳如下:

- 1) 若 e 为 NB, 则 u 为 PB。
- 2) 若 e 为 NS, 则 u 为 PS。
- 3) 若 e 为 0, 则 u 为 0。
- 4) 若 e 为 PS, 则 u 为 NS。
- 5) 若 e 为 PB, 则 u 为 NB。

则模糊关系 R 可用下式表示:

$$R = (NBe \times PBu) + (NSe \times PSu) + (Oe \times Ou) + (PSe \times NSu) + (PBe \times NBu) \quad (3)$$

其中,下标 e 代表输入,下标 u 代表输出。

收稿日期: 2001-01-21; 修订日期: 2001-05-10

基金项目: 上海市教委重点支持项目

2.3 模糊决策

模糊控制作用取决于控制量,通过偏差 e 和模糊关系 R 的合成,再按照隶属度最大的原则,把模糊控制量转换为精确的控制量。

3 橡胶硫化温度的模糊控制

3.1 温度控制系统组成

温度控制系统如图 2 所示^[3-5],由可编程序控制器(三菱 FX-2N PLC)、温度检测系统(热电偶和温度模块 FX-2N-4AD-TC)、加热系统组成(电热丝)。为了尽量减小加热系统的温度场不均匀性,硫化系统中加入了热风匀场系统。

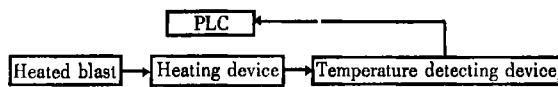


Fig.2 Constitution of the vulcanization control system

PLC 构成了实际上的模糊控制器,它通过周期扫描的方式,通过热电偶检测硫化系统的温度,经 A/D 转化后,输入 PLC。PLC 则根据模糊控制原理编制的一套控制程序,经决策后转换成不同占空比的连续时间调宽脉冲(PWM)控制加热系统中加热丝的通电时间,来实现升温与保温的控制功能。

3.2 硫化温度模糊控制规则

根据硫化设备具有热风匀场的功能,同时,温度场惯性较大的特点,在实际应用中,对上述控制规则作一定的简化,即当实测温度大于额定硫化温度时,加热丝停止工作,以防温度有较大过冲。实际温度模糊分段如图 3 所示:

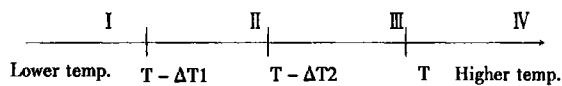


Fig.3 Segments of vulcanizing temperature

对应模糊控制模式如表 1 所示:表中, T_0 为调宽脉冲周期, K_1 、 K_2 为占空比, $0 < K_2 < K_1 < 1$ 。

Table 1 Fuzzy control mode

Segments of temperature field	Real temperature t_p	Heating time T_i
I	$< (t - \Delta t_1)$	T_0
II	$(t - \Delta t_1) \sim (t - \Delta t_2)$	$K_1 T_0$
III	$(t - \Delta t_2) \sim t$	$K_2 T_0$
IV	$> t$	0

* In the table t is allowed temperature, T_0 is the period of PWM, $\Delta t_1 > \Delta t_2$, K_1 and K_2 are coefficients, and $0 < K_2 < K_1 < 1$

3.2 控制软件的设计

本系统采用三菱 PLC 图形化软件系统编制,系统程序框图如图 4 所示:

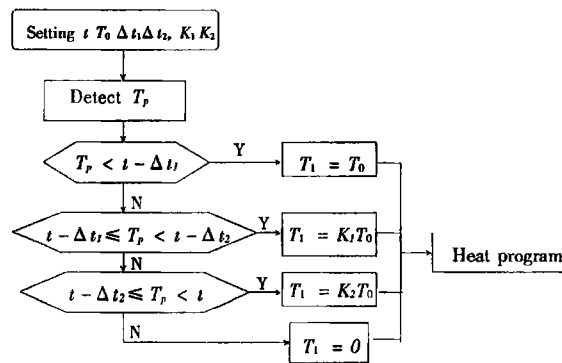


Fig.4 Flow chart of the control system

采样周期为 PLC 的扫描周期

4 实验结果

图 5 为上述模糊控制方式实际应用于橡胶硫化线上,在 30℃ 和 5℃ 两种环境温度下,要求温度为 $200 \pm 5^\circ\text{C}$ 时,加热及保温温度曲线图。

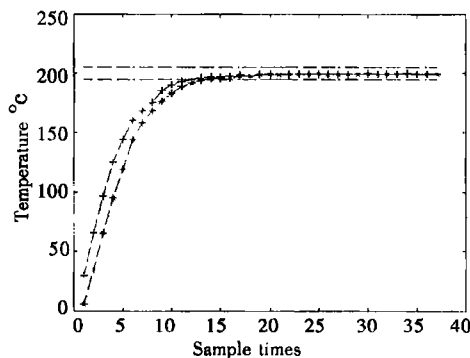


Fig.5 Actual curve of temperature control

图中带“+”的曲线工作环境温度为 30℃。带“*”的曲线工作环境温度为 5℃。

可以看出,通过适当地调整 ΔT_1 、 ΔT_2 、 K_1 、和 K_2 的值,当温度要求在 $200 \pm 5^\circ\text{C}$ 时,运用这种模糊控制方式对硫化温度进行控制后,从加热开始

后 30min 左右温度可以稳定达到 $200 \pm 1^\circ\text{C}$,而且实际工作时在连续 8 小时之内,运行状况稳定良好,很好地满足了橡胶硫化温度控制的要求。

该控制技术在橡胶硫化线上的应用已通过鉴定。

参考文献:

- [1] 李士勇. 模糊控制和智能控制理论与应用[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社, 1990.
- [2] 张志君, 孙旭东. 模糊控制在温度控制系统中的应用[J]. 自动化与仪器仪表, 1998, 24(5): 24-26.
- [3] 康斌栋, 王志新, 刘华平. 可编程控制器温度模糊控制系统设计研究[J]. 机电工程, 1997, 14(6): 129-130.
- [4] 王靖. PLC 控制系统在步进式再加热炉中的应用[J]. 自动化与仪器仪表, 1999(1): 18-20.
- [5] P S King, E H Mam Oani. The application of fuzzy control system to industrial processes[J]. Automatica, 1997, 13: 235-242.
- [6] 石文孝, 荆涛, 杨怀江. 混沌序列的神经网络实现[J]. 光学精密工程, 2000, 8(3): 231-233

Fuzzy temperature control for microwave vulcanization

ZHANG Qing, CHENG Wei-ming, SHEN Yao-zong, SHEN Zhen-jun

(School of Mechatronical Engineering and Automation,
Shanghai University, Shanghai 200071; China)

Abstract: Microwave vulcanization is a novel process of rubber production, in which temperature control is very important because the quality of vulcanization depends directly on it. Fuzzy control does not need a precision mathematical model of controlled objects and its control rule can be worked out by skilled operators according to their experience. The focus of the paper is on the applications of the predigested fuzzy control principle with a PLC and the method of PWM in controlling vulcanization temperature. If allowed temperature is $200 \pm 5^\circ\text{C}$ according to the process of vulcanization, the real temperature can be controlled in $200 \pm 1^\circ\text{C}$ in more than 8 hours, thus ensuring the microwave vulcanization with good quality.

Key words: PLC; fuzzy control; PWM; temperature

作者简介:张 庆(1969-),男,上海市崇明县人,1991年毕业于合肥工业大学精密仪器系,1999年获上海大学机电与自动化学院精密仪器与机器专业硕士学位。现主要从事精密测量与计算机测控方面的科研工作。