

顺流式谷物烘干机的模糊控制系统

李业德, 李业刚

(山东工程学院)

摘 要: 介绍了如何把模糊控制算法应用于谷物烘干机出粮水分的自动控制系统。设计了一种以 89c51 单片机为核心的智能模糊控制器, 给出了系统的整体结构的硬件实现电路及软件设计思路。通过对小麦的在线烘干试验证明该系统实时性好, 控制精度高。

关键词: 模糊控制; 单片机; 谷物烘干机

中图分类号: S226 6; TP273 4

文献标识码: A

文章编号: 100226819(2002)0120162203

谷物烘干机的结构虽然比较简单, 但烘干过程是非线性、时变性和多变量的。在烘干过程中由于受各种不确定因素的影响, 难于建立精确的数学模型。虽然自适应、自校正控制理论可以对缺乏数学模型的被控对象进行识别, 但这种递推算法复杂, 实时性差, 对谷物烘干机出粮水分的控制难以取得较好的控制效果。

近年来, 模糊控制在许多控制应用中都取得了成功, 模糊控制不需要了解系统的数学模型, 对于谷物烘干机出粮水分自动控制系统中, 模糊控制就成为较好的选择。以单片机为核心的模糊控制器将模糊逻辑语言控制策略变为有效的自动控制策略。在数字单片机上用模糊控制方式取代原来的传统控制方式, 根据模糊控制算法编制软件程序来实现对谷物烘干过程的模糊控制。

1 控制对象及控制参数的选择

1.1 干燥风温和风速

干燥风温和风速将直接影响热空气带入烘干仓内的热量。进入烘干仓内的热量越多, 烘干速度越快, 当风温恒定时(一般为 100~ 120 °C), 影响烘干仓内温度的主要是风速, 一般宜稳定在 0.4~ 0.6 m/s。

1.2 排粮速度

排粮速度是在烘干过程中对谷物降水率影响的最主要参数之一。它决定谷物在烘干机中的停留时间。在其它条件不变的情况下, 排粮速度越快, 谷物降水率越少, 反之降水率越大。对顺流式谷物烘干机出粮水分的控制主要是通过控制排粮电机转速来实现的。

2 控制系统的组成

本控制系统由顺流式烘干机、出粮水分检测系统、单片机模糊控制器及排粮速度控制系统等组成。其结构框图如图 1 所示。

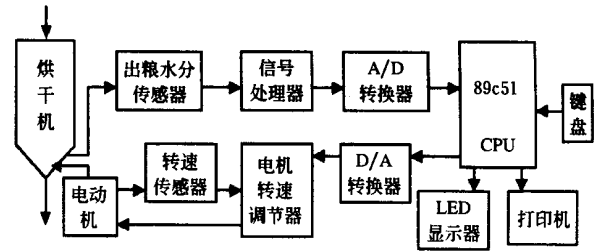


图 1 谷物烘干机控制系统

Fig 1 The components of grain dryer control system

3 模糊控制器的设计

模糊控制器的设计主要是设定各输入与输出变量模糊子集的隶属函数, 模糊变量的量化域, 模糊控制规则, 输入输出变量的比例变换因子等参数。

模糊控制器有单输入单输出型和双输入单输出两种常用形式。为了提高控制精度和响应速度, 我们选用两个输入即偏差和偏差变化率输入及控制变量输出的双输入单输出控制方式, 其原理如图 2 所示。

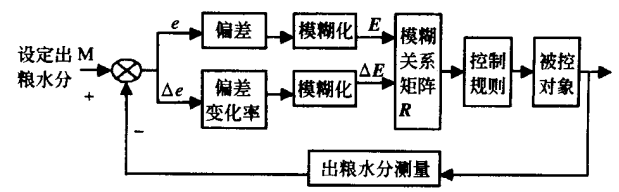


图 2 模糊控制系统逻辑框图

Fig 2 The components of fuzzy control system

3.1 实测值的模糊化

因为在模糊逻辑推断中运用了语言变量, 而模糊控制器的输入、输出是确定值, 所以要求有模糊化

收稿日期: 2001207203

作者简介: 李业德(1962-), 男, 硕士, 副教授, 主要从事农业电气化自动化。淄博市 山东工程学院计算机系, 255012 Email: Ljyede3721@263.net

过程. 将输入确定值变成模糊变量值, 以实现调节和控制作用.

本文涉及的模糊控制器有两个输入信号和一个输出信号, 分别为:

- 1) 输入语言变量之一: 记为 E , 是给定出粮水分与实测出粮水分之差, $E = M - Y$
- 2) 输入语言变量之二: 记为 $\$E = [E_{i+1} - E_i]$
- 3) 输出语言变量之三: 记为 U , 是排粮电机速度, 单位为 $\text{r}\ddot{\text{a}}\text{m in}$. 输入输出是被划分为正大(PL)、正中(PM)、正小(PS)、零(ZO)、负小(NS)、负中(NM)、负大(NL) 7 个模糊状态. 将出粮水分的偏差 $\pm 1\%$, 细分为 13 个等级, 其值域为 $\{-6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$, 语言值的隶属函数选择三角形和梯形.
- 将出粮水分偏差变化率的范围细分为 13 个等级, 分别给出了它们对 7 个模糊控制状态的隶属度值, 即输入变量 $\$E$ 的取值{负大、负中、负小、零、正小、正中、正大}表示符号为{PL、PM、PS、ZO、NS、NM、NL}.

输出变量 u 的取值分为 7 种状态, 分别对应电机转速, 将这 7 种状态分为 7 个模糊状态: 最低速、低速、中低速、中速、中高速、高速、最高速, 表示符号为{CL, CM, CS, H, OS, OM, OL} 每种具体输出状态对应 7 个模糊输出状态的隶属度值.

3 2 获取模糊关系矩阵

模糊推断逻辑是由一组 IF2THEN 的控制规则组成. 这一组控制规则的形成来源于人的思维逻辑和实际经验的总结. 考虑到控制系统的非线性, 大时滞等情况, 根据专家经验知识和现场熟练操作者长期工作经验, 得出如下控制规则.

IF (实测出粮水分过大)AND (实测出粮水分有增加趋势) THEN (排粮速度减慢)

IF (实测出粮水分过小)AND (实测出粮水分有减小趋势) THEN (排粮速度增加)

类似以上得出的控制规则如表 1 所示, 根据表 1 写出如下规则:

- 1) if $e = \text{PL}$ and $(\$e = \text{PL}$ or $\$e = \text{PM})$ then
 $U = \text{OL}$
- 2) if $e = \text{PL}$ and $(\$e = \text{PS}$ or $\$e = \text{ZO})$ then
 $U = \text{OM}$
- 3) if $e = \text{PL}$ and $(\$e = \text{NS}$ or $\$e = \text{NM})$ then
 $U = \text{OS}$
- 4) if $e = \text{PL}$ and $\$e = \text{PL}$ then $U = \text{H}$
.....
- 30) if $e = \text{NL}$ and $(\$e = \text{ZO}$ or $\$e = \text{NS})$ then
 $U = \text{CM}$

- 31) if $e = \text{NL}$ and $(\$e = \text{NM}$ or $\$e = \text{NL})$ then
 $U = \text{CL}$

表 1 输出 U 的模糊控制规则表

Table 1 The fuzzy control rules of U output							
$E\ddot{o}\$E$	NL	NM	NS	ZO	PS	PM	PL
NL	OL	OL	OM	OM	OS	OS	H
NM	OL	OM	OM	OS	OS	H	CS
NS	OM	OM	OS	OS	H	CS	CS
ZO	OM	OS	OS	H	CS	CS	CM
PS	OS	OS	H	CS	CS	CM	CM
PM	OS	H	CS	CS	CM	CM	CL
PL	H	CS	CS	CM	CM	CL	CL

根据以上关系, 控制规则可用模糊关系表达式表示为

$$R = Y\{E_i \times \$E_j \times U_{ij}\}$$

(1)

若某时刻的偏差为 E , 偏差变化率为 $\$E$, 则得到相应的控制变量

$$U_i = (E_i \times \$E_i)R$$

(2)

使用最大隶属度法, 将式(1)、(2)的模糊矢量清晰化, 通过软件计算可得到总的模糊控制规则表, 如表 2 所示.

表 2 模糊控制规则总表

Table 2 The toltal rules of fuzzy control													
$E\ddot{o}\$E$	- 6	- 5	- 4	- 3	- 2	- 1	0	1	2	3	4	5	6
- 6	6	6	6	5	4	4	4	3	2	2	2	1	0
- 5	6	5	5	5	4	3	3	3	2	1	1	0	- 1
- 4	6	5	4	4	4	3	2	2	2	1	0	- 1	- 1
- 3	5	5	4	3	3	3	2	1	1	0	- 1	- 1	- 2
- 2	4	4	4	3	2	2	2	1	0	- 1	- 1	- 2	- 2
- 1	4	3	3	3	2	1	1	0	- 1	- 1	- 2	- 2	- 3
0	4	3	2	2	1	0	- 1	- 2	- 2	- 2	- 3	- 3	- 3
1	3	3	2	1	1	0	- 1	- 1	- 2	- 3	- 3	- 4	- 4
2	2	2	2	1	0	- 1	- 2	- 2	- 2	- 3	- 3	- 4	- 4
3	2	1	1	0	- 1	- 1	- 2	- 3	- 3	- 4	- 4	- 5	- 5
4	2	1	0	- 1	- 2	- 2	- 2	- 3	- 4	- 4	- 5	- 5	- 6
5	1	0	- 1	- 1	- 2	- 3	- 3	- 3	- 4	- 4	- 5	- 5	- 6
6	0	- 1	- 2	- 2	- 2	- 3	- 4	- 4	- 4	- 5	- 5	- 6	- 6

3 3 模糊决策

在实际控制系统中, 取得出粮水分偏差, 偏差变化率后将其转化为模糊值, 然后查询表 1 即可得到控制量的模糊值 U . 但 U 还是论域 U 中的一个等级值, 还需乘上一个输出量化因子, 才能决定控制量的确切值.

4 模糊控制器的实现

4 1 硬件组成

模糊控制器由主控制器采用 89c51 单片机, 出粮水分传感器使用电容式传感器, 配以信号放大器, A/D 转换器及 D/A 转换; 键盘, LED 显示器和滑差调速电机控制器等组成, 见图 1 所示.

4.2 软件设计

软件是控制系统的核心, 由它来完成模糊控制的任务。主要需进行三部分的工作输入精确量的模糊化、模糊控制规则的推理合成运算和模糊量的精确化, 在实际应用中, 必须考虑单片机的特点, 力求使其存储、变换和处理过程简单、快捷、节省内存, 本文采用直接查表方式, 可归纳为以下四步的工作:

- 1) 确定偏差, 偏差变化率和控制输出量的论域。
- 2) 根据各论域所分级数 n 将 E , ΔE 和 U 的变化范围分为 n 档, 使其每一档与其论域的某个元素相对应。
- 3) 查模糊控制表, 可得出控制量 U 。
- 4) 将控制量 U 乘以适当的比例因子施与被控对象。

模糊控制表格的生成是事先在微机上进行的, 表格生成后, 把它存入单片机的 EPROM 中。这样输入模糊化、模糊推理以及模糊量的精确过程就可简单化为查表来实现。因此这种模糊控制器的结构简单, 响应速度快, 更适合在单片机上实现。其软件框图如图 3 所示。

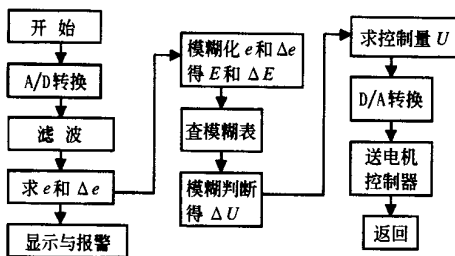


图 3 系统软件框图

Fig 3 The software frame of the system

5 控制系统的实验结果分析

上述的模糊控制算法和控制系统设计, 在顺流式烘干机上进行了实验。烘干谷物为小麦, 入粮水分含量为 22% ~ 24%, 出粮水分含量目标给定值为 18%。出粮水分传感器安装在出粮口外侧。

利用电热管加热空气, 风机将加热后的热空气送入烘干机入风口, 风温控制在 100~ 110℃, 风速

控制为 0.4~0.6 m/s, 电动机的转速有模糊控制器自动控制, 稳态转速是 340 r/min。图 4 是顺流式烘干机在模糊控制器自动控制下出粮水分含量的动态变化曲线。由图可知系统的动态稳定性很好, 稳态误差小于 0.5%。

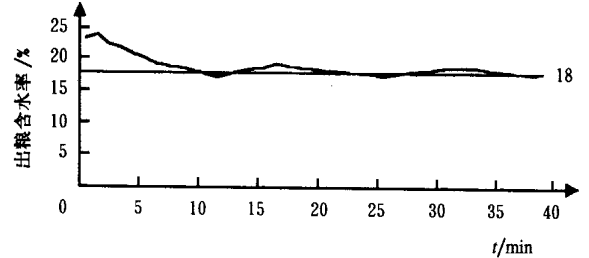


图 4 出粮含水率动态曲线

Fig 4 The outlet grain moisture content curve varying with time

6 结 论

- 1) 由实验可知, 烘干机在单片机模糊控制下, 响应时间短, 超调量小, 控制精度高, 控制效果明显。
- 2) 烘干机的烘干过程是一个受多种因素影响的复杂过程, 它的各个参数在烘干过程中随内部及外部条件的变化而变化。如风温、风速、入粮水分的变化等均对烘干过程产生影响。如果在控制系统中加入对入粮水分的前馈控制, 将大大减小因入粮水分的变化对烘干过程产生影响。

[参 考 文 献]

- [1] 何平, 王鸿绪. 模糊控制器的设计与应用[M]. 北京: 科技出版社, 1997, 6: P312
- [2] 李业德. 谷物烘干机前馈加反馈智能控制系统[J]. 农业工程学报, 1995, 11(2): 173~178
- [3] Whitfield R D. Control of a mixed flow drier: part 1 design of the control algorithm[J]. J Agric Engng Res, 1988, 41: 275~287
- [4] Bruce D M, McFarlane N J B. Control of mixed flow grain driers: testing of a feedback plus feed forward algorithm[J]. J Agric Engng Res, 1992, 52: 11~23
- [5] Moreira R G, Bakkere A R, Kema F W A. Feedforward feedback adaptive controller for commercial cross flow grain driers[J]. J Agric Engng Res, 1990, 45: 107~116

Feng Nenglian^{1,2}, Wang Deyi² (1. *Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China*; 2. *Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China*)

Abstract: In order to improve drying quality, reduce manpower intensity and realize automatic drying, a reversible airflow drying system based on single-chip computer control was developed. Utilizing the technological process, "reversible airflow and deep bed drying indirectly", the performance experiments and analyses of the system were carried out. The function and effect of the inverse air current and the inner-outer air current cycle in the drying process were discussed. By using the system and the technological process, the qualities of the dried materials, seeds especially, can be ensured effectively.

Key words: reversible airflow; drying; single-chip computer; control; inner air circulation

Fuzzy Control System for Grain Dryer (162)

Li Yede, Li Yegang (*Department of Computer Science, Shandong Institute of Engineering, Zibo 255012, China*)

Abstract: The fuzzy control algorithm was applied to the automatic control system for controlling the outlet grain moisture content of grain dryer. The intelligent fuzzy controller was developed on the basis of 89c51 single-chip computer. The method for designing the hardware and software of the control system was also studied. The results for online control of the wheat moisture content in the grain dryer show that the high precision and real time control can be realized using this system.

Key words: fuzzy control; single-chip computer; grain dryer

· Land Consolidation and Rehabilitation Engineering ·

Research Advances of Gradation and Evaluation of Agricultural Land in China (165)

Gao Xiangjun¹, Ma Renhui² (1. *Center for Land Consolidation & Rehabilitation, Ministry of Land and Resources, Beijing 100035, China*; 2. *College of Resources and Environment, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050016, China*)

Abstract: The research development of recent agricultural land evaluation in China was reviewed. The two method systems, ideological bases and practical significance raised respectively in newly formulated National Rules of Classification and Gradation of Agricultural Land and Rules of Soil Fertility Gradation of Cultivated Land were analyzed and compared. The classification and gradation evaluation of agricultural land developed from such low-level researches on natural soil condition investigation for estimating yield, soil nature and basic soil fertility, etc. to management and evaluation of resource value integrated with land and human being. The existing two evaluation methods of agricultural land in China are the gradation system of soil fertility of cultivated land formulated by Ministry of Agriculture and the classification and gradation evaluation system of agricultural land drafted by Ministry of Land and Resources. There exist differences between the two systems in analyses of evaluation indexes, objective levels of achievement application and links of front and back operation. Currently, the classification and gradation evaluation of agricultural land have been implemented across China, whose method system perfection is of great practical significance.

Key words: agricultural land; gradation and evaluation; advance

Dimension Design of Farm Land and Application of GPS-GIS-RS Technology to

Land Consolidation (169)

Bao Haijun¹, Wu Cifang¹, Ye Yanmei¹, Tong Ju'er¹, Wang Feng² (1. *College of Southeast Land Management, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China*; 2. *Land Consolidation and Rehabilitation Center, Ministry of Land and Resources P. R. China, Beijing 100035, China*)

Abstract: The paper established and quantitatively analyzed the model of dimension design of farm land, applying Integral Plan. It also put forward the ways of applying GPS-GIS-RS technology to land consolidation. The model and the ways were based upon the example of Taoyuan Project Land Consolidation in Pingyang County.

Key words: land consolidation; dimension design of farm land; GPS-GIS-RS technology