

微机模糊控制研究及其在造纸过程中的应用*

董明亮 吴航

(郑州工学院计自系)

摘 要: 本文对纸张定量和水份的新型控制方法——模糊控制进行了探讨, 根据专家模糊控制原理, 设计了造纸机的控制系统, 改善了模糊控制器的稳定性并解决了造纸机多变量、随机干扰多、控制难的问题。仿真的结果表明, 该系统具有跟踪性能好, 控制效果好, 抗干扰能力强等优点。

关键词: 纸张的定量和水份, 模糊控制器, 专家模糊控制系统。

中国图书分类号: TP273

1 问题的提出与解决的方法

在造纸工业生产中,抄造过程是一个多变量耦合过程, 并且有很大的死区时滞和许多随机干扰因素, 由于目前人们尚未弄清楚造纸机的“脱木机理”和“脱木素机理”, 导致在造纸控制中出现一个大家公认的难题: 要想建立一个很准确表征造纸过程特性的各物理量(或化学量)之间的数学模型是很困难的。这使我们许多熟悉的控制算法无法使用, 就向我们提出这么一个问题: 如何在被控对象数学模型不清楚或未知的情况下, 仍能取得较满意的控制效果。而智能控制的产生和发展正是基于这个原因。本文利用智能控制的一个分枝——专家模糊控制思想, 针对中牟造纸厂 2362 长网纸机, 设计了该纸机的控制系统。

2 控制系统的设计

该纸机的控制系统为一递阶控制结构(如图 1 所示), 下级为局部控制器, 分别通过浆阀和汽阀来控制纸张的定量和水份。上级为全局协调器, 用来协调纸张的定量和水份, 使之达到给定值。

* 收稿日期: 1991.12.13

下面介绍该控制系统的设计方法:

2.1 局部控制器

该系统局部控制器的目标是针对单一目标而设计的, 不考虑其它的影响。例如, 定量控制器的作用是想法使纸张的定量达到要求, 而不考虑水份对它的影响。局部控制器的控制方案以模糊控制器为主, 我们以定量控制器为例, 介绍模糊控制器的设计方法。

常规模糊控制器的设计方法是首先构成定量 E 、定量变化率 C 和控制判决 U 的模糊子集, 再根据现场的实际操作经验加以总结, 构成模糊控制状态表,

根据模糊推理合成规则 $U = (E \times C) \cdot R$, 经过大量计算, 构成总控制表。

设计模糊控制器的核心是总结模糊控制规则, 而这些规则又是人们对被控对象进行长期控制经验的总结和模糊信息的归纳。但有时这些是很难做到的, 尤其是对于复杂系统或对于总结不出完整经验的系统 (如象造纸机这样的大滞后、多变量、随机干扰多的系统), 这些都将严重影响模糊控制器的效果。而且, 即使通过规则能够构造控制表, 也因控制表无法修改 (即不能随环境的变迁自动调整), 而导致控制效果不理想。故本文采用带有修正因子的模糊控制算

法 $U = \alpha E + (1-\alpha) C$, 通过改变修正因子 α 即可调整系统的控制规则, 从而使系统具有良好的自适应性。

对于实际系统而言, 如图 2 所示, 取 $E = R - y$, 在误差较大时, 如 $0 < t < t_1$ 阶段, α 宜取较大值, αE 的作用大于 $(1-\alpha) C$ 的作用, 使输出 y 迅速上升; 而当误差较小时, 如 $t_1 < t < t_2$ 阶段, 为了避免过大的超调, 则宜将 α 取最小些, 增大 $(1-\alpha) C$ 的作用来抑制超调。如果 α 取固定值, 就很难适应系统在不同状态下对 α 的要求。由此可见, 在控制过程中, 根据系统的不同状态选取不同的 α 值, 就会得到良好的控制效果。我们以 E 来区分系统的状

态, 取 $\alpha = a + b|E|$, a 、 b 为可调整参数, 在 $[0, 1]$ 之间取值, 且 $b < \frac{1-a}{|E_m|}$, E_m 是 E 中最大值。这样, 在整个过程中, $|E|$ 大时, α 大; $|E|$ 小时, α 小, 这样恰好符合系数状态对 α 的要求。

为了使输出能尽快地达到稳态值附近, 我们将模糊控制器分成内、外两层参数进行调节, 不同的偏差对应模糊控制器中不同的参数, 加快输出达到稳态值。

模糊控制器性能的好坏与其量化因子 k_1 、 k_2 , 比例因子 k_3 及 a 、 b 参数选取有较密切的关系。如果参数选择不当, 则会出现系统振荡, 响应太慢等现象, 影响控制效果。如果参数选择适当, 则随输出的不断增加, 控制量逐渐变小, 使得输出达到稳态值附近。模糊控制器的参数选择没有一定规律可循, 我们通过现场近一年来测得的大量数据, 通过

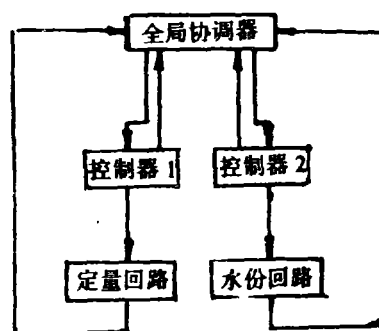


图 1 控制系统结构图

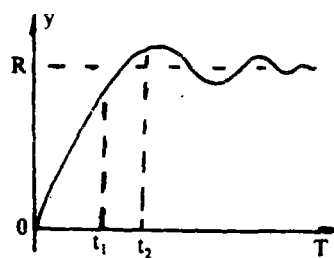


图 2

“凑试法”进行选择, 将外层参数定为 $k_1=1$, $k_2=0.5$, $k_3=1$; 内层参数定为 $k_1=1.5$, $k_2=0.5$, $k_3=0.8$, a , b 分别为 0.35 和 0.02, 但是, 模糊控制器存在着一个公认的缺点, 稳定性差。为了克服该缺点, 我们在上述模糊控制器的基础上加入了开关控制进行微调, 构成专家式模糊控制器。

开关控制是模仿现场熟练操作工人的操作经验而设计的。设计时主要考虑两点: (1) 偏差的方向 (2) 偏差变化的速度。总的原则是使输出在给定值的下限进行变化, 达到节约原材料的目的。

在控制策略上, 为了克服造纸机大滞后难控制的问题, 采用“调调—着—看—再调—调”的方法, 该方法虽然简单, 却是解决大滞后问题的一个切实有效的方法。

2.2 全局协调器

全局协调器的作用是: 用来判断什么时候采用模糊控制; 什么时候采用开关控制; 什么时候改变浆浓度, 什么时候改变蒸汽压力。至于控制精度, 则由局部控制器来确定, 这也就是所谓的控制精度随智能的提高而降低。

协调器采用了描述性语言 PROLOG 进行设计, 实际上它是一个小型的专家系统。

本协调器中, 知识库中的知识来源于:

- (1) 现场的实际操作经验。
- (2) 有关造纸控制的文献资料。

在知识的表达方面, 采用了产生式规则的表达方法。

本协调器中, 推理机采用不确定性推理策略进行正向推理, 以满足工业过程实时性的要求。当规则满足时执行, 不满足时继续搜索。

推理机构核心规则:

规则 1 if 定量绝对值大于等于 2,

then 执行定量模糊控制;

规则 2 if 定量绝对值小于 2,

then 执行定量开关控制;

规则 3 if 水份绝对值大于等于 2,

then 执行水份模糊控制;

规则 4 if 水份绝对值小于 2,

then 执行水份开关控制;

规则 5 if 长时间定量开关置于最大位置,

then 改变浆浓度;

规则 6 if 长时间水份开关置于最大位置,

then 改变蒸汽压力;

规则 7 if 纸机性能较坏,

then 执行暂停程序;

规则 8 if 断纸信号到,

then 执行暂停程序;

规则 9 if 纸机性能很坏,

then 系统停止运行。

暂停程序的作用：降低外部蒸汽压力。

暂停程序的目：在纸机性能较坏时，降低外部蒸汽压力，可防止温度过高或过低，当纸机性能好转时，重新接上纸页，能立即稳定水份控制。

纸机性能的判断：

在运行控制程序之前，首先对纸机的性能进行判断，该判断采用模糊推理策略，通过给出纸机定量、水份、浆阀、汽阀的性能曲线，对纸机的性能进行综合判断，从而得知目前纸机系统性能的好坏。

具体实现的方法是（以建立 80 克纸的定量性能曲线为例）：

设定：当定量值为 60 克时，其性能值为 0.5 当定量值为 90 克时，其性能值为 0.5

当定量值为 80 克时，其性能值为 0 当定量值为 75 克时，其性能值为 0.3

当定量值为 85 克时，其性能值为 0.3

（注：性能值越大，其性能越差）

根据我们的设定，采用切比雪夫多项式构造定量性能值的曲线

$$D(x) = 0.0001x^3 - 0.0131x^2 + 0.8733x - 38.536$$

同样我们可以建立水份、浆阀、汽阀的性能曲线

$$\text{水份曲线: } S(x) = 0.0156x^3 - 0.2045x^2 + 0.6549x + 0.0582$$

$$\text{浆阀曲线: } J(x) = 0.0014x^3 - 0.32x^2 + 0.1685x + 0.3173$$

$$\text{汽阀曲线: } Q(x) = 0.008x^3 - 0.0407x^2 - 0.0264x + 0.4547$$

由模糊推理原理可知，系统的总结性能等于各性能值中最大的。

我们采用 turbo PROLOG 语言作为纸机控制系统的核心语言。该语言具有良好的用户接口，精制的全屏幕编辑软件，很容易对 C 语言、汇编语言、BASIC 语言等能够生成 OBJ 文件的语言进行联接，保证了现场无论什么样的机器均能使用，这一点对工业控制而言具有非常重要的实用价值。

系统的硬件采用了抗干扰能力较强的 STD 总线工业控制机。该机配有各种不同功能的模板，组合灵活，可靠性高，成本低，开发周期短。

• 考虑到现场的实际情况，我们将系统的采样周期与控制周期分开，采样周期定为 1 秒，定量回路控制周期定为 5 分钟，水份回路控制周期定为 1 分钟。

3 系统的仿真

根据现场的实际情况，将定量回路的广义数学模型定义为

$$G(S) = \frac{2.5e^{-3S}}{1+3S} \quad \text{水份回路的广义数学模型为 } G(S) = \frac{0.5e^{-S}}{1+2S}.$$

根据我们建立的被控对象的广义数学模型, 对控制系统进行仿真, 下列各图是我们的仿真结果。

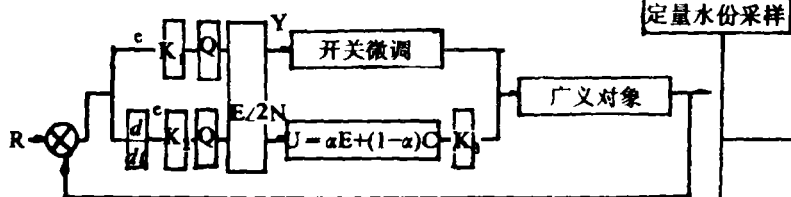


图 3 控制回路仿真框图

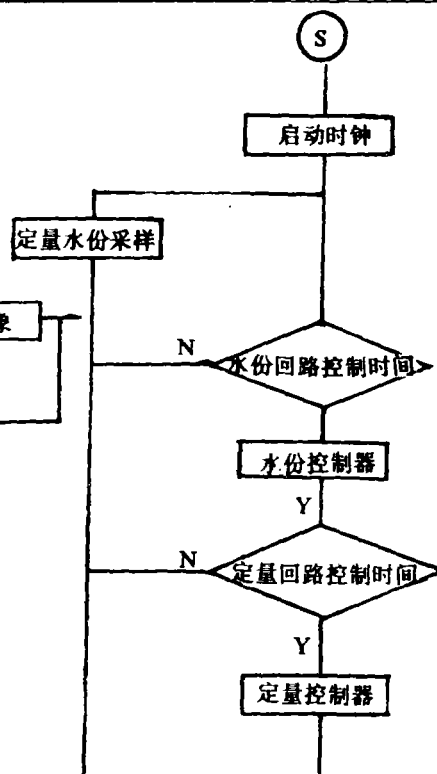


图 4 控制程序主框图

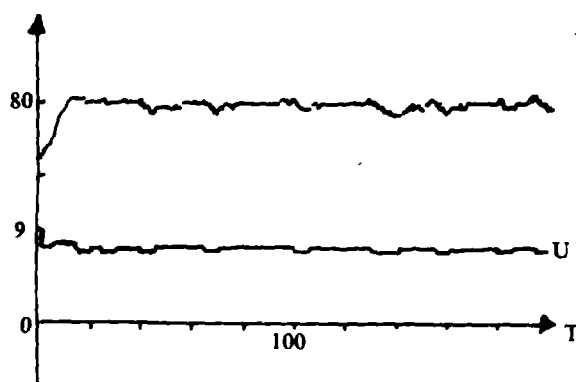


图 5 定量控制曲线

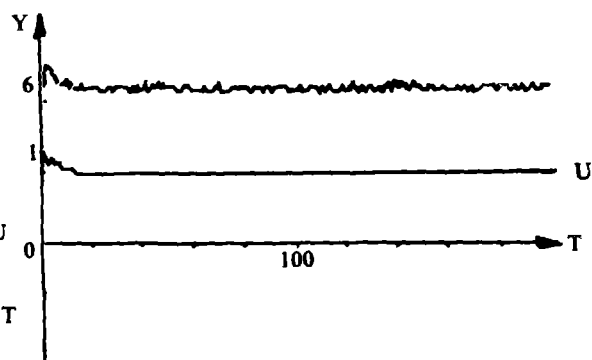


图 6 水份控制曲线

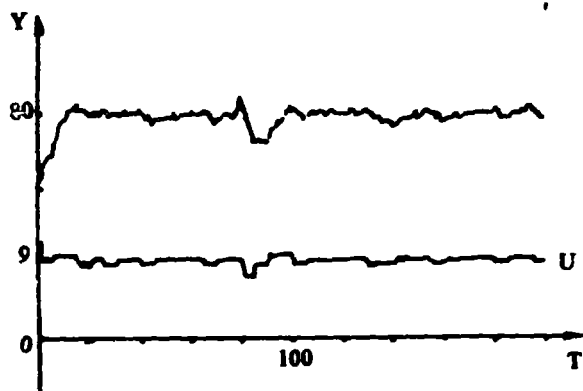


图7 定量抗扰扰动曲线

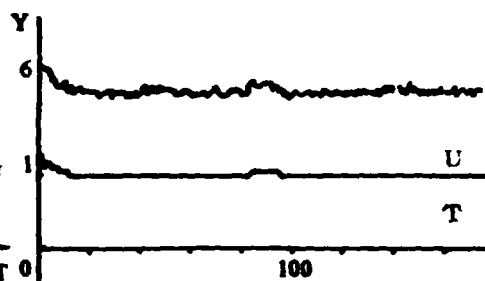


图8 水份抗扰动曲线

4 结论

- (1) 该控制方案结构简单, 不需要建立被控对象的准确数学模型。
- (2) 该系统跟踪性能好, 控制效果好, 抗干扰能力强。

参 考 文 献

- (1) Fu, K. S., "Learning Control System and Intelligence Control System—An Intersection of Artificial Intelligence", IEEE Trans on AC-16(1), pp 70-72, 1971
- (2) Harriett Rigas, "Artificial Intelligence Research in Japan" Computer workshop IEEE Setember 1985
- (3) 蔡自兴, 智能控制, 电子工业出版社, 1990
- (4) 王学慧、田成方, 微机模糊控制理论及其应用, 电子工业出版社, 1987
- (5) 莫方灿、王德志, 纸页定量水份的微型计算机控制, 轻工业出版社, 1989
- (6) 何钢, 碱熔釜温度模糊控制器的研究, 工业仪表与自动化, 1989, No.4

The Computer fuzzy control sfnying and using in process of paper producing

Dong mingliang Wu Hong

(Zhengzhou Insitute of Technology)

Abstract: This paper makes an exploration for a new type of contral method —the fuzzy control of paper weight and moisture. On the basis of expert fuzzy Control theory,it designs a kind of paper machine's control system,improves the stability of fuzzy controller and solves the problems of papermachines's more variables, more randomizing disturbances and controlling difficulties. The simulation result shows that this system has a battertracing quality and good controlling effect, and it can strongly resist its disturbance.

Keywords: paper weight and moisture, fuzzy controller, expert fuzzy control system