

精确-模糊混合控制系统

李 平 王 慧 钱积新 孙优贤 周春晖

(浙江大学工业控制研究所·杭州, 310027)

摘要: 本文提出精确-模糊混合控制系统的概念及其分解形式。四台造纸机计算机控制系统的实际运行结果表明, 精确-模糊混合控制系统可以综合精确控制理论和模糊控制理论长处, 在工业过程控制中有广阔的应用前景。

关键词: 精确-模糊混合控制; 模糊控制理论; 过程控制; 造纸机

1 引 言

为区别迄今为止的所有传统控制理论与模糊控制理论, 我们将前者称为“精确控制理论”, 其特点是控制系统的设计都建立在被控对象精确的数学模型之上。模糊控制理论则建立在操作人员的操作知识之上, 无需建立精确的数学模型。但它还不成熟, 操作者的浅层知识对复杂对象的控制尚无能为力, 其精度在一些场合也难被人们接受, 因而还只能作为精确控制理论的一种补充。

过程控制面临的问题常常是多数比较确定, 少数模糊。这种情况下, 采取将精确控制理论和模糊控制理论相结合、取长补短的混合型控制会更加有利。近年来有些学者的工作已具有这种倾向, 在同一控制系统内部同时采用了精确与模糊两种控制方法^[1~5]。混合控制的应用有一些问题需要解决。例如, 如何使两者有机地结合而不是各成体系, 如何确定何时何地采用精确控制, 何时何地采用模糊控制。

2 精确-模糊混合控制系统

在控制系统设计中, 人们总希望控制精度越高越好, 因此便常选用功能较齐全、也比较复杂的控制算法, 并努力获取被控过程准确的数学模型。然而, 实际上这种要求并不一定完全正确和必要, 也不一定能实现。

工业生产过程中, 控制对象往往可以从机理上分为一个个子系统, 这些子系统中有有些比较容易建立数学模型, 有些则很难甚至无法建立。对这类对象, 完全采用精确控制方法设计控制系统难度很大, 且难以保证很高的控制精度; 但完全采用模糊控制方法则会不必要地损失一些可以得到的精度。所以, 在这类系统中将两种控制结合应用, 即对数学模型不难得到或控制精度要求高的子系统采用精确控制; 对数学模型难于或无法得到或者控制要求不太高的子系统采用模糊控制。这样既可以保证必要的控制质量, 又可最大限度地减少控制系统设计和实施的难度和复杂性。这种在一个控制系统中同时存在着精确和模糊两种控制方式的系统, 称之为精确-模糊混合控制系统。

3 精确-模糊混合控制系统的两种基本形式

根据对象的过程机理, 可将混合系统分为串联分解和并联分解两种基本形式.

并联分解的特点中, 分解所得的子系统各自具有独立的控制变量 u_i 和输出变量 y_i , 子系统相互间的关联是通过状态向量 x_i 实现的. 并联型混合系统如图 1.

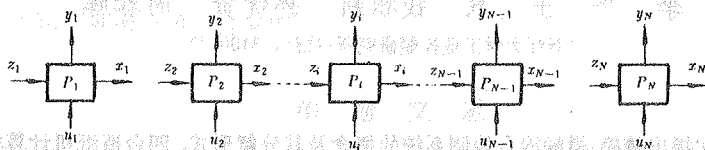


图 1 并联型集成系统分解

串联分解的特点是分解所得的子系统前一个子系统的输出变量 y_i 同时为后一个子系统的控制变量 u_{i+1} , 而且又通过状态相互关联, 串联型混合系统如图 2 所示.

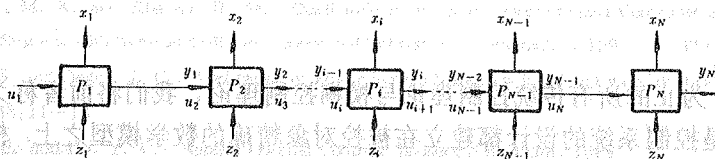


图 2 串联型集成系统分解

实际的精确-模糊混合系统常常是这两种基本形式的组合, 或者以一种为主, 另一种为辅. 不同形式的子系统分解, 混合系统的控制模式也有所不同.

4 实例与结论

以造纸机为背景, 我们对精确-模糊混合控制进行了实际应用. 在对三台以生产中型纸 (定量为 50 至 120 每平方米克重) 为主的纸机设计精确-模糊混合控制系统时, 将其按并联型混合系统分解. 而生产超薄型电容器纸 (定量为 7 至 15 每平方米克重) 的纸机则被分解为串联并联混合型系统. 将分解后的各子系统分别建立精确或模糊数学模型, 然后再设计控制器.

并联型的纸机精确-模糊混合控制系统的框图如图 3. 造纸过程中, 定量和水份是纸页最重要的质量指标. 由于对定量控制要求较高, 不确定因素较弱, 所以仍作为精确子系统处理, 其数学模型用离散状态方程

$$x_1(k+1) = Ax_1(k) + Bu_1(k),$$

$$y_1(k) = Cx_1(k).$$

表示, 控制器采用鲁棒控制器. 对水份 (含

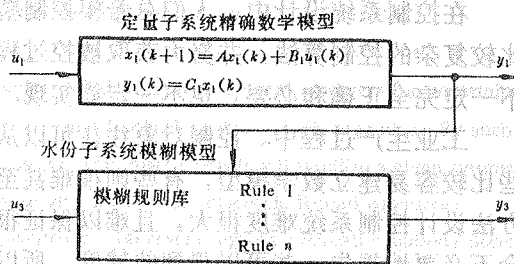


图 3 并联型纸机精确-模糊集成系统框图

水量百分比) 子系统, 控制要求不是太高, 不确定因素多, 则采用模糊控制. 在此混合系统中, 水份子系统对定量子系统关联作用不大, 定量子系统可独立设计. 而在设计水份子系统的模糊控制器时, 如果模糊模型中不包括定量的影响, 则要根据操作经验, 在设计之后考虑定量的影响, 对模糊控制器进行修正.

对超薄型电容器纸, 由于缺乏可靠的定量和水份测量仪表, 众多的影响因素也不可能全部在线测量, 因此很难建立精确数学模型. 为减少设计与实施难度, 并保证精度, 采

用精确-模糊混合控制. 造纸过程

如图 4 方块图, 由经验知,

这些子系统的精度要求均较高,

其中 P_1, P_2 的数学模型较

易建立, 可采用精确控制; 而

要得到 P_3, P_4, P_5 的准确数学

模型很困难, 故采用模糊控制.

在该混合系统中, P_1 和 P_3 是

串联型的, P_2 与 P_4, P_5, P_3 与

P_4, P_5 也是串联型的, 而 P_4 与

P_5 是并联型的, 所以整个系统

是串联并联混合型的, 最后实

现的精确-模糊混合控制系统的原理类似于图 5 所示的精确-模糊串级控制系统, 即内回

路为精确控制, 外回路为模糊控制, 将它们有机地结合, 按最优化控制策略设计, 可达

到整个控制系统的总体目标函数最优或次最优.

无论精确控制或模糊控制, 在理论研究方面都取得了大量成果, 但实际应用却大大落

后, 这不能不算是自动控制这一工程性学科的一大遗憾. 从工业控制应用角度出发, 作为

一种探索, 本文提出了精确-模糊混合系统的概念, 并将混合系统分解为串联和并联两种

基本类型, 以此为基础, 可以建立对象的混合系统模型, 确定其控制策略. 以造纸生产过程

控制为背景, 作者进行了精确-模糊混合控制系统的研究, 在四台纸机上实现了令人满意

的闭环控制, 达到了采用混合控制系统的目的, 并都已通过省部级科技成果鉴定.

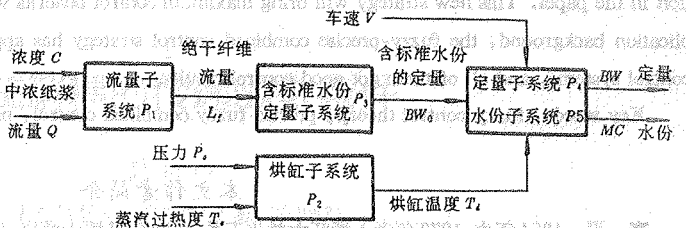


图 4 超薄型纸机造纸过程的方块图

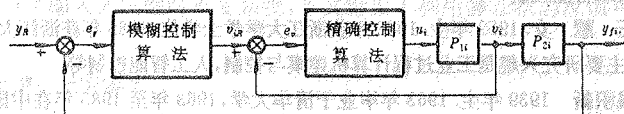


图 5 精确-模糊串级控制系统

参 考 文 献

- [1] Ray, K. S. and Majumder, D. D. Fuzzy Logic Control of a Multivariable Steam Generating Unit Using Decoupling Theory. IEEE Trans., 1985, SMC-15(4), 539—558
- [2] 淳于怀太. 模糊控制器与积分控制器混合应用的研究. 化工自动化及仪表, 1986, 13(5), 1—5
- [3] 何敏, 吕勇哉. 混合式智能调节器. 信息与控制, 1988, 17(4), 1—6
- [4] 庞富胜. 模糊线性复合控制. 模糊数学, 1987, 7(1), 55—60
- [5] 邓聚龙. 灰色控制系统. 武汉: 华中工学院出版社, 1985.

Fuzzy-Precise Combined Control System

LI Ping, WANG Hui, QIAN Jixin, SUN Youxian and ZHOU Chunhui

(Institute of Industrial Process Control, Zhejiang University • Hangzhou, 310027, PRC)

Abstract: The existing control theory is divided into two parts in this paper, i. e. precise control theory and fuzzy control theory. After investigating the advantages and disadvantages of the precise control and fuzzy control respectively, the so-called fuzzy-precise combined control strategy is proposed from the view of practical applica-

tion in the paper. This new strategy will bring maximum control benefits with minimum design efforts. As the application background, the fuzzy-precise combined control strategy has applied into four full scall paper machine control systems, and all of them got good control results.

Key words: fuzzy control theory; precise-fuzzy combined control; process control; papermaking machine

本文作者简介

李平 1954年生. 1978年考入浙江大学化工系, 1988年获博士学位. 1988年至1990年在浙江大学流体传动与控制博士后流动站工作. 出站后到浙江大学工业控制研究所工作. 主要研究兴趣为工业过程模型化, 鲁棒控制, 模糊控制及人工智能控制.

王慧女 1959年生. 1982年获浙江大学学士学位, 1988年获浙江大学硕士学位, 1991年之前在南京化工学院工作. 主要研究兴趣是工业过程计算机建模与控制, 人工智能控制等.

钱积新 1939年生. 1963年毕业于清华大学, 1963年至1985年在中国石油化工总公司兰州石油化工设计院工作, 1985年调入浙江大学. 主要从事工业过程建模, 控制与优化的工作.

孙优贤 1940年生. 1964年毕业于浙江大学化工系, 担任工业自动化教学与科研工作, 1984年获德国洪堡研究奖学金. 目前从事鲁棒控制, 容错控制和 H_∞ 控制理论研究.

周春晖 1922年生. 1947年在美国麻省理工大学毕业并获学士学位, 1954年在美国密西根大学获博士学位, 1958年至今为浙江大学教授. 博士生导师. 主要研究方向是工业过程的建模, 控制与优化.

(上接第 192 页)

Title	1995	Place	Deadline	Further Information
IFAC Workshop Control Applications in Marine Systems-CAMS95	May 10-13	Trondheim Norway	1 Nov. 1994	A. Prof. Thor I. Fossen, CAMS-95 Secr. Dept. of Engg. Cybernetics Norwegian Institute of Technology N-7034 Trondheim, Norway FAX +47/73594399 e-mail: tif@itk. unit. no
International Conference Computer Applications in Biotechnology	May 14-17	Garmisch- Partenkirchen Germany	31 Aug. 1994	Prof. Axel Munack Federal Agricultural Res. Center Inst. of Biosystems Engg. -FAL Bundesallee 50, D-3300 Braunschweig Germany FAX +49/531 596 309
IFAC Workshop Algorithms and Architectures for Real-Time Control	May 31 - June 2	Ostend Belgium	31 Oct. 1994	BIRA, Desguinlei 214, B-2018 Antwerp Belgium, Tel: +32/32160996, Fax: +32/32160689
IFAC Conference Dynamics and Control of Chemical Reactors, Distillation Columns and Batch Processes-DYCORD'95	June 7-9	Copenhagen Denmark	31 Aug. 1994	Danish Automation Society Symbion Science Park Copenhagen Fruebjergvej 3, DK-2100 Copenhagen Denmark FAX +45/3120 5521

(下转第 206 页)