

采用自适应补偿和串级调节的 陶瓷配料微机集中控制系统

钟汉枢 李树英 甘永成

(华南理工大学自动控制工程系·广州, 510641)

摘要: 本文提出采用自适应补偿和串级调节的陶瓷配料微机集中控制系统. 它采用解耦和串级调节, 使多输入多输出的陶瓷配料系统变为单输入单输出系统来处理. 并采用自适应补偿, 保证了连续配料精度高. 现场运行结果表明, 该系统可同时实现八种原料连续自动配料, 各种原料的配料误差不超过 0.5%, 系统性能良好, 效益显著.

关键词: 连续配料; 解耦控制; 串级调节; 自适应补偿; 电子皮带秤

1 引言

陶瓷是建筑材料, 其质量好坏之影响涉及到千家万户. 众所周知, 在客厅里敷上质量差的瓷砖, 会使地板的颜色深浅不一, 很不雅观. 由陶瓷生产工艺可知, 要保证同一型号瓷砖的颜色一样(人眼看), 则要求比例配色的配料精度要达到 0.5% 的高精度. 此外, 陶瓷配料量大, 一般要求可同时有八种原料连续进行配料, 才能满足生产要求. 采用手动配料或一般配料系统难于满足生产要求.

本文针对陶瓷生产配料量大且精度高的要求, 提出采用自适应补偿和串级调节的陶瓷配料集中控制系统. 此系统经过博白陶瓷厂、金山陶瓷厂等单位一年多使用表明, 可同时实现八种原料自动配料, 系统运行稳定可靠, 各种原料的配料误差不超过 0.5%, 保证了产品质量, 社会效益和经济效益显著.

2 控制方案和控制算法

2.1 系统结构

本系统由 8 台装有重力传感器(精度等级为 0.05%)和电磁调速电动机的电子皮带秤称体、高精度小信号直流放大器、工业级 PC386 微机 and 过程通道组成. 按给定的配方要求, 可同时实现八种原料连续自动配料. 系统具有自动标定、重量累计、误差补偿、掉电保护、储存数据、打印报表、故障报警和应急处理等功能.

2.2 解耦控制

按工艺要求, 连续配料系统必须保证各种原料在单位时间内的流量为给定的固定比例. 为保证这一比例, 实施方案有两种:

1) 一种原料物流量变化, 要求其它原料物流量相应变化. 采用这种方案的配料系统成为一个相互耦合的多输入多输出系统.

2) 稳定各种原料的物流量, 使各种原料在单位时间内的物流量为给定的固定比例. 此方案把多变量系统问题化为单输入单输出系统问题来处理, 易于实现. 我们采用此方案, 把陶瓷配料控制问题转化为各种原料的物流量控制问题.

2.3 物流量控制

皮带秤上物流量与皮带上物料重量及皮带速度成正比。而皮带速度与电磁调速电机的测速发电机输出成正比,皮带上物料重量与装在皮带秤上的重力传感器输出成正比。由此有

$$\Delta G = KP V. \quad (1)$$

式中, ΔG 为单位时间内的物流量; P 为重力传感器输出; V 为测速发电机输出; K 为比例系数。从式(1)可见,调节 P 或 V 都可调节 ΔG 。我们采用不调节 P , 而调节 V , 实现 ΔG 等于给定值的方案。

2.4 串级调节

物流量控制具体实现是通过皮带上的物料重量和皮带速度组成串级调节实现的, 控制系统方框图如图 1 所示。

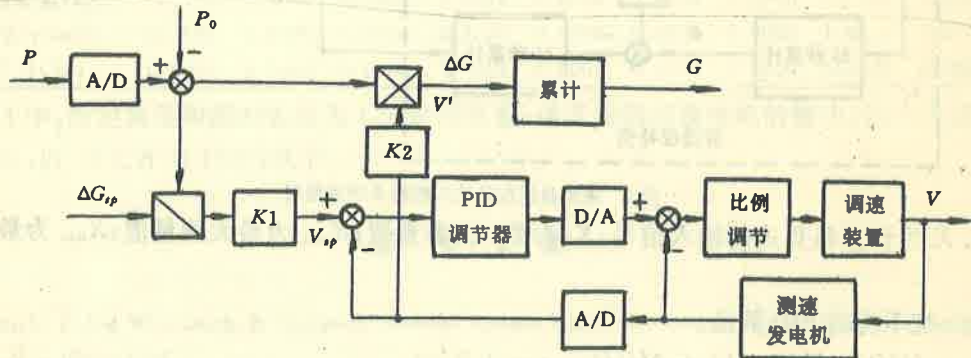


图 1 串级调节控制系统方框图

图中, ΔG_{sp} 为单位时间内物流量的给定值; P_0 为实测的皮重; V_{sp} 为相应于 ΔG_{sp} 和 P 的给定转速; V' 为皮带速度; K_1 和 K_2 为比例系数; G 为累计配料重量。

因为料仓的出料量除了决定于放料闸板的开度, 亦与料仓内存放料的高度有关。因此, 在配料过程中, P 虽不调节, 但亦在变化。另外, 由于测速发电机存在误差, 使速度跟踪系统存在误差, 这将产生配料误差。

2.5 自适应补偿

为了补偿速度跟踪系统误差产生的配料误差, 引入自适应补偿, 系统方框图如图 2 所示。图中, K_3 为比例系数。

2.5.1 分段线性化

由图 1 可见, 速度测量精度直接影响配料精度。本系统采用三相交流同步永磁式测速发电机, 实测非线性误差为 1.5%, 难于满足要求。为此, 将实测的测速特性分五段进行线性化处理, 实现测速误差小于 0.4%。

2.5.2 自动补偿

由图 2 可见, 每隔 30 秒对配料误差进行自动补偿一次。虽然误差补偿不一定能一次就达到准确补偿, 但其剩余误差可在下次得到补偿。而且连续配好的粉料放进料仓混合均匀后, 再送成品加工, 这使自动补偿非常有效。

2.6 控制算法

1) 中位值法与算术平均值法相结合的数字滤波。

$$X = \frac{1}{6} \left(\sum_{i=1}^6 X_i - X_{\max} - X_{\min} \right). \quad (2)$$

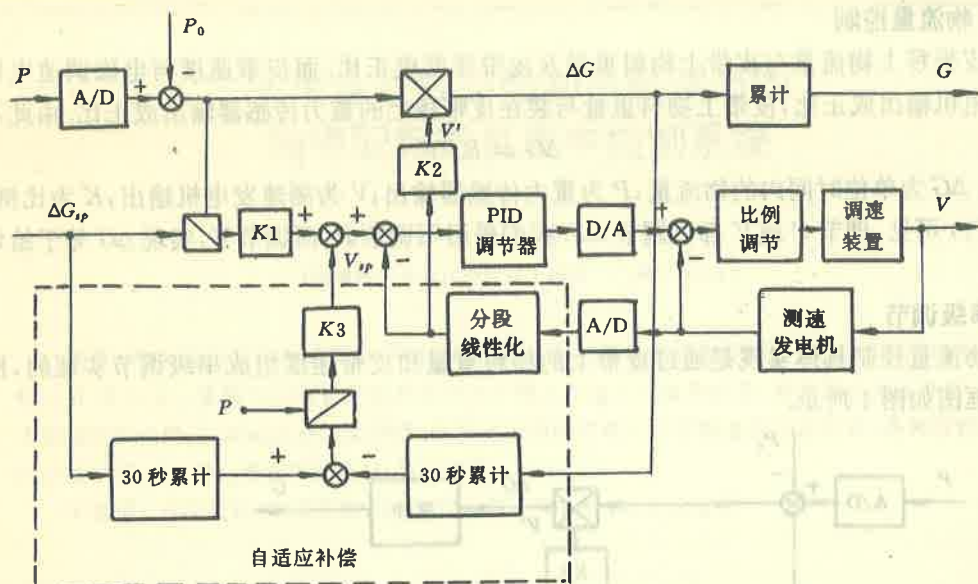


图2 采用自适应补偿的控制系统方框图

式中, X 为计算机算式的输入信号; X_i 为第 i 次测量值; $X_{\max}$ 为最大测量值; $X_{\min}$ 为最小测量值.

2) 抗干扰的 PID 算法

$$U(i) = U(i-1) + \Delta U(i), \quad i = 1, 2, \dots, \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \Delta U(i) = & K_p [e(i) - e(i-3) + 3e(i-1) - 3e(i-2)] + K_i e(i) \\ & + K_d [e(i) + 2e(i-1) - 6e(i-2) + 2e(i-3) + e(i-4)], \end{aligned} \quad i = 1, 2, \dots, \quad (4)$$

$$e(i) = V_{sp}(i) - V(i), \quad i = 1, 2, \dots. \quad (5)$$

式中, $V_{sp}(i)$ 为给定转速, $V(i)$ 为实测转速.

3) 比例系数 K_1, K_2 和 K_3 的相应关系

$$K_1 = K_3 = 1/K_2. \quad (6)$$

4) 测速发电机输出电压转化成速度量纲, 采用下述线性化公式

$$V = \alpha(i)U + V_0(i), \quad U(i) \leq U < U(i+1), \quad i = 1, 2, 3, 4, 5. \quad (7)$$

式中, $\alpha(i)$ 为各线性段的斜率; U 为测速发电机输出电压; $V_0(i)$ 为各线性段的初始转速.

3 系统调试

系统调试分以下四步进行:

1) 测速发电机非线性特性曲线线性化. 确定各段的初始转速 $V_0(i)$ 和斜率 $\alpha(i)$, 实现测速误差小于 0.4%.

2) 测定皮重 P_0 .

3) 按下式调整 K_2 值.

$$K_2 = \frac{\Delta G_1}{\Delta G_2} \cdot K_{20}. \quad (8)$$

式中, K_{20} 为比例系数 K_2 的初值, $\Delta G_1, \Delta G_2$ 分别为实测和计算机显示的单位时间内物流量. 反复调整 K_2 值, 使下式成立:

$$\Delta G_1 - \Delta G_2 \leq 0.005 \cdot \Delta G_1. \quad (9)$$

4) PID 参数整定. 考虑到被控对象电磁调速电机较简单, 选用 Ziegler-Nichols 阶跃响应法整定 PID 参数.

4 应用效果

系统在博白陶瓷厂和金山陶瓷厂等单位投运一年多, 实践证明: 控制系统稳定可靠, 操作简单, 配料精度高(各种原料配料误差不超过 0.5%), 提高、稳定了产品质量, 经济效益和社会效益显著. 控制系统实际运行的一个记录(1996 年 6 月 21 日 10 时 52 分)如表 1 所示.

表 1 陶瓷资料系统

	料 一	料 二	料 三	料 四	料 五	料 六	料 七	料 八	总 和
给定流量(kg)	0.0000	0.0000	0.0000	10.000	0.0000	0.0000	0.0000	45.000	0.0000
累计产量(kg)	0.0000	0.0000	0.0000	171.56	0.0000	0.0000	0.0000	772.09	943.65
瞬时流量(kg)	0.0000	0.0000	0.0000	9.9848	0.0000	0.0000	0.0000	45.043	0.0000
速度(r/min)	0.0000	0.0000	0.0000	453.22	0.0000	0.0000	0.0000	1062.4	0.0000
压力(%)	0.0000	0.0000	0.0000	30.913	0.0000	0.0000	0.0000	55.695	0.0000

表 1 中, 给定流量和瞬时流量为 1 分钟的流量; 速度为测速发电机的输出; 压力为压力传感器输出, 以 10 公斤为 100% 显示.

参 考 文 献

- 1 Aström, K. J. and Wittenmark, B. Computer controlled systems theory and design, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J. 07632, 1984
- 2 谢剑英. 微型计算机控制技术. 北京: 国防工业出版社, 1985
- 3 诺登, K. E.. 工业过程用电子秤. 北京: 冶金工业出版社, 1991

A Microcomputer Central Control System Using the Adaptive Compensation and the Series Regulation Techniques for the Mixture of Ceramic Materials

ZHONG Hanshu, LI Shuying and GAN Yongcheng

(Department of Automatic Control Engineering, South China University of Technology • Guangzhou, 510641, PRC)

Abstract: In this paper, a microcomputer central control system using the adaptive compensation and the series regulation techniques for the mixture of ceramic materials is addressed. The adoption of uncoupling and series regulation techniques has brought about the change of this project from a multiinput-multioutput system to a singleinput-singleoutput one, and the adaptive compensation is also engaged to keep the continuous mixture of materials at high precision. The on the spot measured results show that the system can complete the continuous mixture of materials, up to eight kinds at the same time with the mixing error of every one less than 0.5%, and the system serves the purpose satisfactorily and its engagement may yield a notable economical benefit.

Key words: continuous mixture of materials; uncoupling control; series regulation; adaptive compensation; electron belt weight meter

本文作者简介

钟汉枢 1941年生, 1965年毕业于华南工学院自动控制专业, 现任华南理工大学现代控制理论与应用研究室副主任、副教授。曾从事过纬度罗经和液浮陀螺稳定平台的研制工作。80年代以来, 主要从事自适应控制、模糊控制、工业过程控制、交通监控和楼宇自动化的理论与应用研究。

李树英 1940年生, 1963年毕业于华南工学院数理力学系, 现任华南理工大学现代控制理论与应用研究室主任、教授。主要研究方面为随机控制、系统建模、交通监控、楼宇自动化。已在国内外发表论文 20 余篇; 出版专著 2 部; 主持完成自动化工程 30 多项、开发自动化技术产品 10 多种; 取得 15 项科技成果, 有五项获国家和省级奖励。现为广东省、市科协委员、科技发展专家顾问, 广东省、广州市自动化学会副理事长。

甘永成 1945年生, 1970年毕业于广州华南工学院, 1983年在华南工学院自动化系获硕士学位。现任华南理工大学自动控制工程系副教授。主要研究兴趣为过程控制、控制理论及应用, 计算机集散控制系统。

(上接第 253 页)

Title	1998	Place	Deadline	Further Information
IFAC Symposium Low Cost Automation LCA 98	Sept. 8-10	Shenyang China, P. R.	30 Oct. 1997	Prof. Chen Zhen-Yu ICA 98 Secretariat, POB 919 Beijing 100071, China, P. R. FAX +86/10/63816990
IFAC/IEA/IFIP/IFORS Symposium Analysis, Design and Evaluation of Man-Machine Systems MMS' 98	Sept. 16-18	Kyoto Japan	1 Sept. 1997	Prof. Hirōshi Tamura Kyoto Institute of Technology Matsugasaki, Sakyo-ku, Kyoto 606, Japan FAX +81 75 701 7211 e-mail: tamura@hisol.dj.kit.ac.jp
IFAC Workshop Motion Control	Sept. 21-23	Grenoble France	15 Dec. 1997	Prof. Luc Dugard Lab. d'Automatique de Grenoble ENSIEG, BP 46 F-38402 St. Martin d'Herès-Cedex, France FAX +33 4 76 82 63889 e-mail: dugard@lag.ensieg.fr
ICSC/IFAC Intl. Symposium Neural Computation—NC 98	Sept. 23-25	Vienna Austria	31 Jan. 1998	ICSC Canada, POB 279, Millet Alberta TOC 1Z0, Canada FAX +1/403/387 4329 e-mail: icsc@compusmart.ab.ca
IFAC Workshop Control Applications in Marine Systems—CAMS' 98	Oct. 27-30	Fukuoka Japan	11 Feb. 1998	Prof. K. Kijima Kyushu University, Dept. of Naval Architecture Higashi-ku, Fukuoka 812, Japan