

300 MW 机组磨煤机制粉系统智能控制研究

周秋月

(武汉大学自动化系, 430072, 武汉)

[摘要] 探讨了一种新型的 300MW 机组磨煤机制粉系统智能控制方法. 该方法特点是在系统偏差大时采用模糊控制方案, 偏差小时采用神经元控制方案. 现场应用表明此系统可有效解决磨煤机制粉系统的大迟延、强耦合控制问题.

[关键词] 磨煤机, 模糊控制, 神经元控制

[中图分类号] TP272, [文献标识码] B, [文章编号] 1672-1292-(2003)01-0054-03

电站制粉系统是火力发电厂的大型重要设备之一, 担负着保障燃料供给的重要任务. 中储式球磨机制粉系统, 由于磨制出的成粉暂时存在煤粉包中, 其所带负荷与直比式制粉系统不同, 不是完全有机组所带负荷决定, 与机组的运行相对具有一定的独立性. 因此, 研究中储式制粉系统的控制和优化运行使制粉系统运行在最佳工况, 达到经济出力, 是运行人员和科研人员一直在努力的方向. 近年已有许多部门进行了卓有成效的探索.

球磨机实际上是一个多变量耦合系统, 无论改变给煤量、热风门开度、冷风门开度、再循环风门开度诸多操作中的任一个量, 都会影响其出口温度、入口负压、存煤量、进出口压差及通风量的改变. 对于这样一个复杂的多变系统, 常规单回路调节器显然无能为力, 强行将它们之间的相互关系割裂, 造成顾此失彼, 不可能得到理想的控制效果.

目前, 国内绝大部分球磨机控制都是运行人员手动操作. 长期手动控制球磨机的运行, 不仅容易造成球磨机满煤、跑粉、超温事件的发生, 而且也不能使系统长期保持在最佳工况下运行, 如何做到在保证球磨机安全运行的前提下, 降低单位磨煤电耗, 提高经济效益, 提高机组的自动投入率, 成为电厂自动控制的一个关键所在.

针对火电厂 300MW 机组磨煤机探讨了一种新型的智能控制方法. 该方法主要特点是在系统偏差大时采用模糊控制方案, 偏差小时采用神经元控制方案.

1 模糊控制法

运用模糊控制理论控制钢球磨煤机必须解决多变量模糊控制的问题, 由模糊控制理论可知, 通过模糊相关方程分解可将一个多输入、多输出的模糊控制器分解为若干个单输入、单输出的模糊控制器, 这样可用 3 个单输入、单输出的模糊控制器实现对磨煤机的控制, 简化系统的设计.

1.1 负压调节

输入语言变量值为磨煤机入口负压的精确度, 输出语言变量值为再循环风挡板开度变化的精确量, 其控制规律集为:

若 $P < P_{\min}$ 则 $U_2 = 10\%$; 若 $P > P_{\max}$, 则 $U_2 = -10\%$; 若 $P_{\min} < P < P_{\max}$, 则 $U_2 = 0$;

其中: P_{\min} , P_{\max} 为负压正常波动范围, 由运行人员设定.

1.2 温度调节

输入语言变量为磨煤机出口温度误差 te 及其变化率 tce , 输出语言变量为热风挡板开度变化量. 因

收稿日期: 2003-02-17.

作者简介: 周秋月, 1964-, 武汉大学自动化系在职硕士研究生, 目前主要从事火电厂智能控制方面的学习与研究.

此, 温度调节成为一个双输入、单输出的模糊控制器. 因出口温度与热风量间的非线性、温度变化延迟时间较长等因素, 为降低频繁动作风门引起的入口负压波动幅度, 不需很高的控制输出精度. 在划分基本区域等级时, 不需划得很细, 并可根据 te 和 tce , 值直接从温度控制器查询表中得到相应的实际热风挡板开度变化的精确量.

1.3 负荷调节

输入语言变量为载煤量误差 ze 、误差变化率 zce 和出入口差压 de , 输出语言变量为给煤机转速变化量. 因此, 负荷调节级是一个三输入、单输出的模糊控制器. 载煤量和差压是表征磨煤机内存煤量的信号, 将它们的误差综合为存煤量误差 ce , 取两者中较大者. 设 ze, de 的基本区域均为 $[-C1, C1], [-C2, C2]$, 得到其量化因子分别为 $Kze = 3/C1$ 和 $Kde = 3/C2$. 对于误差变化率 zce , 以每 min 再煤量的变化量作为划分的等级的标准, 不再转化为模糊量. 将误差变化率分为 5 个等级, 即 $-5, -2, 0, 2, 5$, (单位为 $\%/min$). 由误差和误差变化率建立的负荷控制器查询表. 其中, 误差是模糊量, 误差变化率是精确量, 控制给煤机转速的改变量为精确量.

1.4 预测模糊控制

球磨机运行出现异常情况时, 控制系统采用预测模糊控制. 通过对 ze, de 和磨煤机电流的综合判断, 进行事故处理. 其控制规则集为:

若 $ze(k) > c1, de(k) > c2$ 及 $m < c3$, 则 $u1 = -10\%, u3 = 10\%$;

若 $ze(k) < -c1$ 及 $de(k) < -c2$, 则 $u1 = 5\%, u3 = -10\%$.

控制给煤量和热风量的同时, 还要对负压进行控制, 其算法同分级模糊控制中的负压调节. 系统稍有异常, 预测模糊控制即能提前动作, 提高了系统抗干扰能力.

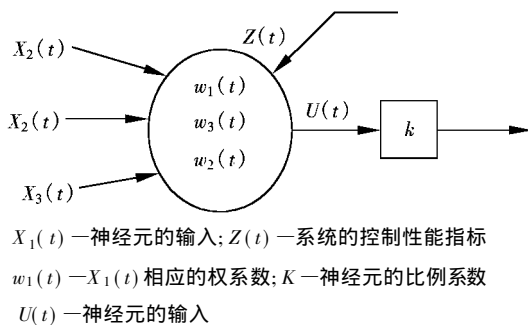
2 神经元控制法

球磨机神经元解耦控制系统无需知道对象的数学模型, 可通过在线或离线训练获得控制器的最优参数, 这是常规 PDI 调节器无法达到的优点. 通过仿真实验表明本系统具有响应较快, 过渡平稳, 鲁棒性较强的特点, 具有较佳的解耦性能.

神经元模型结构如图 1 所示.

单个神经元的算法为:

$$\left. \begin{aligned} w_1(t) &= w_1(t-1) + dz(t)u(t)x_1(t) \\ z(t) &= r(t) - y(t) \\ x_1(t) &= r(t) \\ x_2(t) &= r(t) - y(t) \\ x_3(t) &= \Delta x_2(t) = x_2(t) - x_2(t-1) \\ u(t) &= \frac{k \sum w_i(t)x_i(t)}{\sum w_i(t)} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$



$r(t)$ 是系统的给定值, $y(t)$ 是系统的反馈信号, d 是神经元的学习速度. 由式可知此单神经元的算法是采用 hebb 学习规则和 δ 学习规则 (有监督学习) 相结合的方式, 通过关联搜索对外界的变化做出相应的反应. 所以神经元的自学系统功能是根据 $z(t), u(t), x_1(t)$ 的变化调整各个权值来达到的, 并不依赖具体的数学模型.

根据以上对球磨机系统的特性分析和单个神经元的算法特点, 提出如图的球磨机神经元控制系统模型. T_0, P_0 是球磨机的出口温度和入口负压的给定值; T, P 是球磨机的实际输出值; E_T, CE_T 是出口温度的偏差及其变化量; E_P, CE_P 是入口负压的偏差及其变化量; 神经元的输出量 U_T, U_P 即为球磨机

的输入量. 由于入口负压和出口温度这两个被控量都存在着一定的滞后, 会导致控制性能的恶化, 所以将 E_T 、 E_P 分别引入另一个神经元的输入, 作为前馈信号, 以加快系统的响应速度.

出口温度侧, 神经元的输出为:

$$U_T = \frac{K_T(T_0 \cdot W_{11} + E_T \cdot W_{12} + CE_T \cdot W_{13} + E_P \cdot W_{14})}{W_{11} + W_{12} + W_{13} + W_{14}} = K_T(C_{11}T_0 + C_{12}E_T + C_{13}CE_T + C_{14}E_P) \quad (2)$$

式中的第1项可以保证球磨机再稳态是其出口温度为给定值, 相当于积分器的作用, 后面3项相当于比例微分器的作用, 加快系统的动作过程. 所以此单神经元的结构具有常规PID的特性.

入口负压侧, 神经元的输出为:

$$U_P = \frac{K_P(P_0 \cdot W_{21} + E_P \cdot W_{22} + CE_P \cdot W_{23} + E_T \cdot W_{24})}{W_{21} + W_{22} + W_{23} + W_{24}} = K_P(C_{21}P_0 + C_{22}E_P + C_{23}CE_P + C_{24}E_T) \quad (3)$$

其中: 第1项可以保证球磨机在稳态时其入口负压为给定值, 相当于积分作用, 后3项相当于比例微分作用.

3 硬件实现

硬件设备选用西门子公司的S7系列PLC产品. 西门子公司的S7系列PLC产品性能十分可靠, 技术成熟, 同时价格比较低廉. 系统充分利用现有的测点和控制执行机构, 以便工程实施, 并降低工程造价.

在硬件结构上, 目前普遍采用的有: 具有上位机监控的方案和无上位机监控的方案. 其中, 前者又分为独立上位机和以DCS系统作为上位机的方案. 本文主要针对无上位机系统方案进行实施, 其系统结构如图2所示. 该系统的特点是结构简单、操作方便、可靠性高, 不需要上位机的繁杂操作, 自成系统, 且价格低廉.

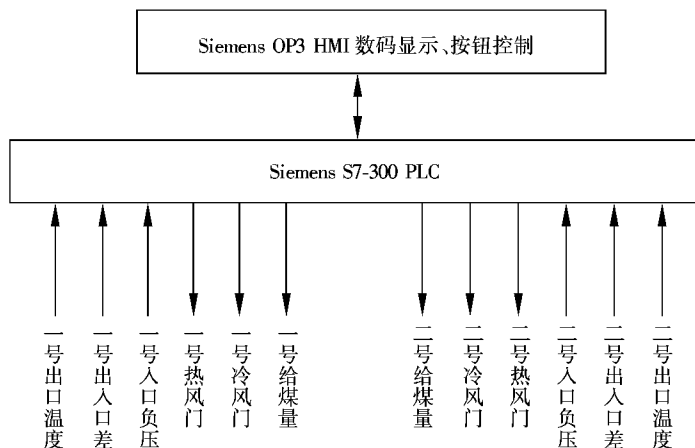


图2 硬件结构图

4 结语

针对球磨机制粉系统的自动控制问题, 采用模糊控制与神经元控制组合的智能控制方式是我们的一种新尝试. 它的最大优点在于无需知道对象的数学模型, 可通过在线或离线试验而获得控制器最优参数, 这是常规PID调节器无法实现的. 该系统通过现场使用表明系统具有较快的响应特性, 过渡比较平稳, 鲁棒性也比较好等特点. 并且该方法实现起来系统结构简单, 可在PLC上实现, 这为球磨机的自动控制提供了一种良好的方法.

(下转第61页)

机测控技术, 将软硬件技术的特点溶于一体, 实现了智能控制及测量显示、制表作图、出具测试报告等操作的全自动化。由于测试报告的数据精度高, 格式标准化, 完全克服了系统不稳定及人工测试、处理图表带来的误差。经检验, 试验台测控系统的系统测试误差小于 1%。该测控系统已用于内燃机水泵制造厂的水泵出厂检验, 测试效率也大大提高。

[参考文献]

- [1] 蔡自兴. 智能控制——基础与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1998.
- [2] 何克忠, 李伟. 计算机控制系统[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.
- [3] Jeffrey P. McManus. 用 Visual Basic 访问数据库[M]. 罗四维, 韩臻等译. 北京: 电子工业出版社, 1999.

The Development of Measurement and Control System for Water Pump of Internal-combustion Engine

Di Liming

(Department of Control Science and Engineering, Nanjing Normal University, 210042, Nanjing, PRC)

Abstract: This paper presents the measurement and control system for the water pump test-bed of the internal-combustion engine by means of computer measurement and control technology. The operating process is completely automated. The integration of the system software and hardware, the software function and the application of intelligent PID control to the system are introduced in this paper.

Key words: measurement and control system, PID regulation, intelligent control

[责任编辑: 刘健]

(上接第 56 页)

[参考文献]

- [1] 王东风. 制粉系统球磨机的模型算法解析控制[J]. 工业仪表与自动化装置, 2002(1).
- [2] 张彦斌. 自寻优模糊控制策略在球磨机[J]. 控制中的实现, 1999(2).
- [3] 戴绪愚. 自寻最优优化控制[M]. 北京: 科学出版社, 1986.
- [4] 褚静. 模糊控制原理及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 1995.

Research on Smart Control of Ball Mill Coal-pulverizing System of 300 MW Power Station

Zhou Qiuyue

(Department of Automation, Wuhan University, 430072, Wuhan, PRC)

Abstract: A newly developed multivariable decoupling ball-mill coal-pulverizing system of 300 MW power station is introduced in this paper. A new strategy is proposed which uses fuzzy control and neural decoupling control, with fuzzy to be used against bad errors, and neural decoupling control to be used for slight errors. With the field application made, it has been proved that the system can effectively solve the problem of long delay and strong coupling in the ball mill coal pulverizing system.

Key words: ball mill, fuzzy control, neural network control

[责任编辑: 刘健]