

专家模糊控制在球磨机上的应用

吴友政 谢建君 王 斌 武汉大学自动化系 (430072)

Abstract

Tube Coal Mill System with Intermediate Storage Bunker is a process of multi-variables, strong coupling and very difficult to establish mathematical models. Analyzing various objects, this article presents different control strategy which is simple and useful. Expert Intelligent Fuzzy Control System was applied to temperature and load control system of tube coal mill, which can improve the reliability and enhance economics.

Keywords: expert intelligent fuzzy control system, tube mill, classification control

摘要

中储式球磨机制粉系统是一个多变量、强耦合的对象,数学模型难以建立。本文针对各被控过程的具体要求,分别提出简单、实用的不同控制策略。对温度和负压采用专家模糊控制,既能保证系统的安全性,又能提高经济性。

关键词:专家模糊控制系统,球磨机,分级控制

1 引言

磨煤机是火电厂常用的大型重要设备,又是耗电大户,其用电量占厂用电的 20% 左右。它的安全经济运行直接影响发电机组的正常运转。然而,目前国内大多数电厂的中储式球磨机的自动投入率非常低,其多输入多输出强耦合、大延迟、非线性和时变特性,使常规的基于被控对象精确数学模型的 PID 控制器难以满足要求。因此人们正努力寻求新的控制策略与方法。

模糊控制器不依赖于对象的模型,但是其自适应能力有限,调整比较困难,需要经验丰富的专家或设计者。本文以模糊控制、专家系统、自寻优理论和分级解耦理论为基础,针对各被控过程不同的具体要求,提出基于不同控制理论的控制策略。

2 球磨机特性及控制要求

2.1 运行特性

根据文献^[1],球磨机工作特性曲线如图 1 所示。分析这些曲线可以得出一些重要的结论:

a、从曲线 4 可以看出,球磨机的出力并不随其内的存煤量的增加而单调增大。实际上,球磨机的最大出力在 f_2 点。

b、球磨机的功率也不是随着其内存煤量的增大而单调增大,而是存在一个极值点 f_1 。且功率到达最大时,球磨机的出力并没有达到最大,而是在功率

最大值的右边。因此可以利用这一特性将球磨机的工作点推向出力最大点附近,提高经济性。

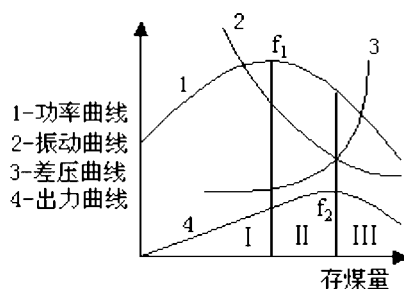


图 1 球磨机工作特性曲线

c、球磨机的整个运行过程中,磨出入口差压有显著的变化。在出力未到达最大前,差压变化不大;到达最大出力后,如继续增加给煤量,差压先缓慢增加,继而急剧增大。

d、虽然球磨机的出力曲线也存在极值特性,但由于出力很难测量,不能直接利用,必须用其他信号代替。显然,可以利用差压信号在到达最大出力点后变化率很大这一特性。

e、球磨机的运行范围可以划分为如图所示的 I、II、III 区。运行在 I 区时球磨机的出力很低、耗电大,非常不经济,显然不合理;在 III 区时出力也不是最大,极易发生堵煤事故,应避免;II 区显然是最佳的运行区域,应保持磨煤机在高出力下安全工作。

2.2 球磨机的控制要求

- 确保球磨机安全、经济运行;
- 保护机组设备和人身安全;
- 减轻操作人员的劳动强度;

3 专家模糊控制器的设计

模糊控制器由于结构和知识表示两方面存在单一性,难以处理控制复杂系统所需要的启发性知识。将专家系统和模糊控制集成,有利于弥补上述之不足,而且能在线修正控制规则。图2即为专家模糊控制器的结构图。

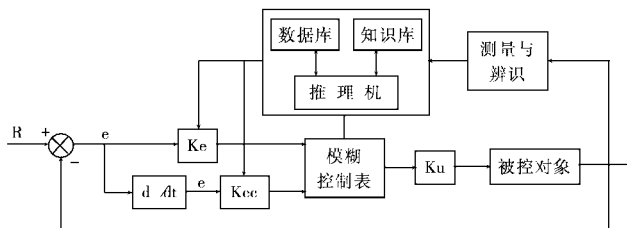


图2 专家模糊控制器的结构

3.1 专家控制器组成

专家控制器的各部分功能是:

1) 知识库: 知识库存入控制的经验数据和由经验归纳总结出的产生式规则,并通过提取磨煤机长期运行过程中所积累的信息和人的操作指令(通过人机接口输入),不断的补充和更新知识库的内容。

2) 数据库: 数据库记录历史、中间和现状数据。

3) 推理机: 推理机根据数据库中的历史和现状数据,依据知识库中的规则进行运算和决策,且采用正向推理。

3.2 基本控制级

选取误差和误差的变化率作为控制器的输入量,根据不同的过程要求确定不同的模糊状态(如正大PB、正中PM、正小PS、零ZO、负小NS、负中NM、负大NB),再由专家和运行人员的经验推理语义规则,即模糊条件语句,确定模糊控制器的状态表。

在每个采样周期重复以下步骤:

(1) 读入过程误差 $e(t)$, 计算 $\Delta e(t)$ 及模糊量 E 、 EC 。

(2) 由 E 、 EC 查表找出对应的模糊控制量 U 。

(3) 由输出隶属函数反推得到控制器的输出精确量。

3.3 自学习调整规则的建立

性能识别是专家系统工作的基础,它作为下一步推理的证据。但作为实时的专家模糊控制器,必须兼

顾实时性和有效性原则,否则推理结论也是没有意义的。文献^[4]提出的性能识别和实时推理更适合于像球磨机这类缓慢过程的控制系统。

自学习推理建立在对 ΔE 和 $|\Delta E|$ 的辨识上, $K+1$ 时刻的 ΔE 和 $|\Delta E|$ 决定 K 时刻的控制量的修正、删除或保持不变。依据仿真经验知识、控制理论知识及系统性能建立起具有启发性的产生式的规则。

记 R 为规则集合,且 $R = \{R_1, R_2, R_3, \dots\}$ 则:

$R_1 = \{F \Delta E_{k+1} \text{ 符号不变且 } |\Delta E|_{k+1} \text{ 变小 THEN 增加控制量 } U_k\}$

$R_2 = \{F \Delta E_{k+1} \text{ 符号不变且 } |\Delta E|_{k+1} \text{ 变大 THEN 减小控制量 } U_k\}$

$R_3 = \{F \Delta E_{k+1} \text{ 符号改变且 } |\Delta E|_{k+1} \text{ 变大 THEN 减小控制量 } U_k\}$

·
·
·

其中, U_k 的增加或减小量(ΔU)和 $|\Delta E|_{k+1}$ 的变化量选择要兼顾专家模糊控制器的抗干扰能力和灵敏性。 ΔU 选择太大,有时反而会造成控制表的不恰当修正,甚至是错误的,从而降低系统抗干扰能力;相反,控制表得不到及时修正,造成控制器的灵敏性较差。恰当的 ΔU 和产生式规则,会使模糊控制规则不断改善,自适应过程的变化,使设计初期的控制效果变得更好。

4 制粉系统控制方案

初步设计球磨机为一“三输入—三输出”的被控对象,分别通过调节给煤机转速、再循环风门开度和热风门开度来控制负荷、入口负压及出口温度。由于回路间信号严重耦合,本系统采用了具有较好解耦性的分级控制策略,即首先控制负压不能太大或太小;其次控制出口温度在给定范围内;在保证安全运行的情况下,最后调节给煤量,使出力最大^[1]。

4.1 入口负压调节

入口负压一般由再循环风量调节。因为过程调节很快,且负压不要求无差调节,故可选择磨煤机入口负压 P 的精确值作为控制器的输入变量,输出变量为再循环风门开度的精确量,其控制规则集为:

IF $P = P_{min}$, 则 $u = a\%$;

IF $P > P_{max}$, 则 $u = -a\%$;

IF $P_{min} < P < P_{max}$, 则 $u = 0$;

其中 P_{min} 、 P_{max} 为负压正常波动范围, $a\%$ 为阀门开度,具体值根据运行人员的经验和工作点状态整

定。

4.2 出口温度调节

温度调节采用二输入—单输出的专家模糊控制器,输入语言变量是出口温度误差和误差变化率,输出语言变量是热风门开度。由于温度影响制粉系统的安全,所以用冷风门配合调节磨出口温度。如果热风门开度已到极限,此时温度仍然高出高限,则使用冷风门参与温度调节。冷风门的具体开度亦根据运行人员的经验整定。

4.3 负荷调节

负荷调节采用两级控制。给定值采用专家控制器分析寻找最佳值;而模糊控制器调节负荷,跟踪给定值。结构图如下:

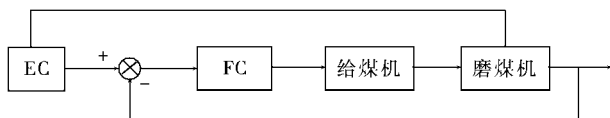


图3 负荷的专家模糊控制结构图

专家控制器的推理规则如下:

$R_1 = \{F \Delta P > \Delta P_{max} \text{ THEN 减小给定值 } R\}$

$R_2 = \{F \Delta P < \Delta P_{max} \text{ THEN 增大给定值 } R\}$

·
·
·
·

规则 R_1 说明磨煤机的工作点在已经越过了最大出力点,此时应减小 R ; R_2 说明磨煤机工作在最大出力点的左边,应增加 R 。其中 ΔP 为检测到的差压变化, ΔP_{max} 是给定的差压信号变化整定值。

引入专家控制器,使控制系统能够自动跟踪球磨机最大出力点的漂移,保证球磨机始终运行在最大出力点,真正起到节能的效果。

5 实际应用

依据上述,作者为某电厂 125MW 机组设计并构造了一中储式钢球磨的专家模糊控制系统。该厂有 2 台磨煤机,分 A 侧和 B 侧。系统硬件结构图 4 所示。

球磨机专家模糊控制系统采用多媒体奔腾工控机为上位机,下位机使用 2 个 PLC 控制器,分别实现 A、B 两侧制粉系统的全部控制策略。整个系统具有数据采集、实时控制、越限报警、管理等功能。

6 结论

本系统综合了专家系统 (EC) 和模糊控制器 (FC) 的优点,形成了基于模糊控制规律的专家模糊控制系统,它依据运行人员和专家的经验形成产生式

规则,采用正向推理来修正模糊控制表。由于规则条数不多,搜索空间很小,正向推理用 C 语言判断各种规则的条件,满足则执行,否则将继续搜索,所以能满足实时性和有效性的要求。目前本系统已完成了实验室仿真试验验证了一些指标参数,有待于现场的安装和调试。

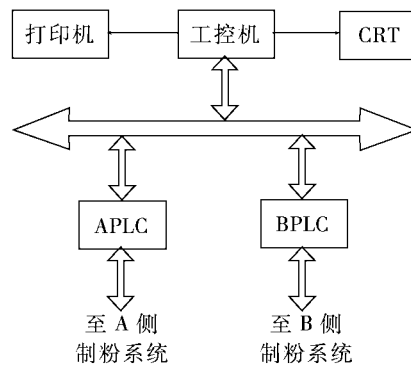


图4 制粉系统硬件结构图

参考文献

1. 李遵基、蔡军,中间储藏式制粉系统球磨机模糊控制理论与实践,中国电力,1996.10
2. 章正斌,流化床锅炉燃烧系统的专家模糊控制,贵州工学院学报,1995.6
3. 蔡自兴,智能控制——基础与应用,国防工业出版社,1998

(上接第 16 页)

置好 Rthreshold 或 Sthreshold 属性;②查询方式,查询方式是让计算机启用后台进程不断查询通讯端口。这两种方法要根据现场总线通讯采用的模式确定。循环依次报到模式要采用中断方式,广播模式则中断方式和查询方式皆可。

5 结束语

随着客户机/服务器分布式多机系统在水利监控系统中的广泛应用,多机通讯的系统设计成为整个系统设计的重点和难点。它的设计的成败直接关系到整体系统的性能的好坏。本文讲述的水利枢纽监控系统中通讯系统设计的方法目前已应用于水利枢纽自动化中。

参考文献

1. VISUAL BASIC 6 BLACK BOOK, (美)Steven Holzner 著,北京机械工业出版社,1999.4
2. SIMATIC STEP7 — Micro 编程参考手册, SIEMENS 1996 年修订