

电站直热锅炉均匀流量Fuzzy优化控制研究

徐建军¹, 王焕勇², 李宏玉¹, 高峰³

(1 大庆石油学院 电气工程系, 黑龙江 大庆 163318; 2 大庆油田电力集团, 黑龙江 大庆 163453;

3 大庆油田热电厂发电分厂, 黑龙江 大庆 163314)

[摘 要] 在分析电站直热锅炉燃烧系统偏流成因的基础上, 提出了以3管出口温差为输入, 调节阀开度为控制量的Fuzzy控制方案, 解决了燃烧过程中的加热管结焦问题, 可使加热管使用寿命提高3倍以上。实际运行表明, 该方案是合理且有效的。

[关键词] 直热锅炉; Fuzzy 优化; 流量控制; 油田电站; 控制算法

[中图分类号] TK223.7; N945

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)11-0231-04

油田电站直热锅炉主要是将采油厂运来的原油, 经3根不同的管线进入直热锅炉加热后在出口处汇合到1根管线中, 为后续工艺过程(例如原稳装置)提供温度稳定的加热原油。由于出口汇管温度直接影响原稳装置的产量和质量, 且3管流量的偏流将导致加热管内结焦, 结焦后会造成更大的偏流直至生产无法正常进行。一般的手动控制强烈依赖操作人员的估计、经验和责任心, 使生产极不稳定。

直热锅炉加热过程自动控制系统的主要指标是出口汇管温度控制和3管流量均匀控制。出口汇管温度采用普通比例积分微分(PID)控制即可得到满意的效果, 而流量均匀控制过去多用手动控制方法进行, 目前还未见关于流量均匀控制的报道, 均匀控

制也仅限于楚云飞^[1]等的液位均匀控制。鉴于Fuzzy控制器通过Fuzzy逻辑和Fuzzy推理可将操作者的经验形式化、模型化, 从而变成计算机能接受的控制模型^[2]。近年来, Fuzzy控制器在理论和应用方面均有长足进展^[3-6], 在工业控制中得到广泛的应用。为此, 本研究将Fuzzy控制引入到油田电站直热锅炉的流量均匀控制中, 以期为流量的自动控制提供技术支持。

1 控制方案的建立

1.1 方 案

选取3管出口温度为检测量, 3管输入调节阀开度为控制量, 直热锅炉控制方案如图1所示。

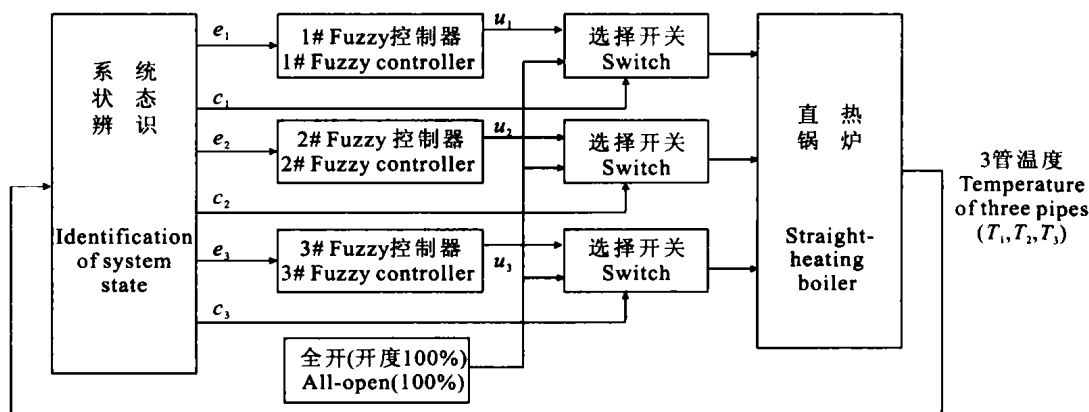


图1 直热锅炉控制方案

Fig 1 Straight-heating boiler control scheme

将3管温度的测量值在系统状态识别中排出 大、中、小3种状态, 例如 $T_{\max} = T_1$, $T_{\text{mid}} = T_2$, $T_{\min} =$

· [收稿日期] 2005-11-21

[基金项目] 黑龙江省教育厅科学技术研究基金项目(10551014)

[作者简介] 徐建军(1971-), 男, 江苏如皋人, 副教授, 博士, 主要从事电气控制理论与应用研究。E-mail: junjianxu@163.com

T_3 , 此时状态识别输出给3个Fuzzy控制器的输入为 $e_1 = |T_1 - T_{\max}| = 0$; $e_2 = |T_2 - T_{\max}|$; $e_3 = |T_3 - T_{\max}|$; 输出给选择开关的控制端 $c_1 = 1 (T_1 = T_{\max})$, 此时开关的输出为全开, 这样使得与温度最高管所对应的阀全开, 使原油流量增大, 温度必然减小, 而 $c_2 = c_3 = 0 (T_2 \neq T_{\max}, T_3 \neq T_{\max})$, 此时开关的输出为Fuzzy控制器的输出 u_2 和 u_3 。其他情况的输出类似可得。从以上分析可知, 系统状态识别环节容易实现, 控制方案实现的重点是Fuzzy控制器的设计。

1.2 Fuzzy子集的选取

根据直热锅炉的操作经验, 选取单管温度与3管中最高温度差的绝对值为Fuzzy控制器的输入量, 阀的开度为控制量, 输入和输出的Fuzzy子集分别记为:

输入: $\{E_1 \text{ 小偏流}, E_2 \text{ 中偏流}, E_3 \text{ 大偏流}\}$;

输出: $\{U_1 \text{ 全开}, U_2 \text{ 中开}, U_3 \text{ 小开}\}$ 。

控制量与被控制量的论域为: $e \in [0, 11]$ $u \in [0, 100]$ 。

2 Fuzzy控制器

2.1 Fuzzy化方法

输入变量 e 离散化分为 $[1, 3, 5, 7, 9, 11]$ 6档, 输出变量 u 离散化分为 $[40, 50, 60, 70, 80, 90]$ 6档。输入和输出Fuzzy集合的隶属函数选为三角形(在分析实际情况后多次修改所得), 如图2所示。由此可得到 e 和 u 的Fuzzy子集赋值(表1)。对于1个精确输入量, 先将其量化, 再通过查表可得其隶属度, 于是该输入量被Fuzzy化。

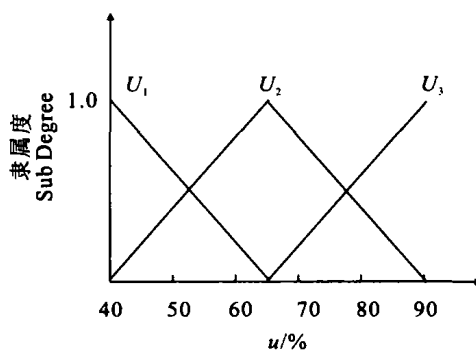
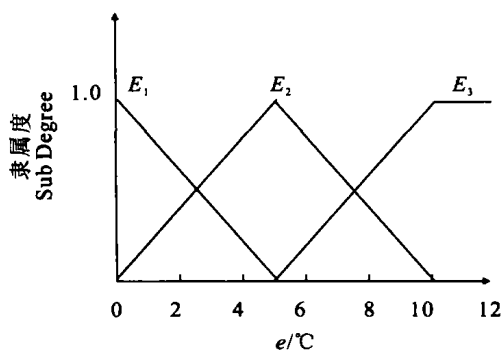


图2 Fuzzy控制器隶属函数

A. e 的隶属函数; B. u 的隶属函数

Fig. 2 Sub degree function of Fuzzy controller

A. Sub degree function of e ; B. Sub degree function of u

表1 e 和 u 的Fuzzy子集赋值表

Table 1 Fuzzy subset evaluation of e and u

e	E_1	E_2	E_3	u	U_3	U_2	U_1
1	0.8	0.2	0.0	40	1.0	0.0	0.0
3	0.5	0.5	0.0	50	0.6	0.2	0.0
5	0.0	1.0	0.0	60	0.2	0.8	0.0
7	0.0	0.5	0.5	70	0.0	0.8	0.2
9	0.0	0.2	0.8	80	0.0	0.2	0.6
11	0.0	0.0	1.0	90	0.0	0.0	1.0

2.2 Fuzzy推理

控制率由3条控制规律组成, 即

$$R = \bigcup_{i=1}^3 R_i$$

R_i : 若 $e = E_i$, 则 $u = U_i$, $i = 1, 2, 3$ 。

计算单一规则的隶属函数。采用最大最小推理规则^[2], 以 R_1 为例, 则有

$$R_1 = E_1 \quad U_1 = \begin{bmatrix} 0 & 8 \\ 0 & 5 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 2 \ 6 \ 1 \ 0] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 6 & 0 & 8 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 5 & 0 & 5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

当输入 Fuzzy 集采用单点隶属函数时(即采用单值Fuzzy 化器), 则上述Fuzzy 矩阵即为规则R₁ 的 Fuzzy 输出关系阵(表2)。

同理可计算出规则R₂, R₃ 的Fuzzy 输出关系阵, 见表3, 4。由于规则R₁, R₂, R₃ 是由or 算子联接的, 故总的 Fuzzy 输出关系阵为以上 3 个规则推理输出的并集^[4](表5)。

表2 规则R₁ 的Fuzzy 输出关系阵

Table 2 Rule R₁ Fuzzy output relation matrix

e	u					
	40	50	60	70	80	90
1	0 0	0 0	0 0	0 2	0 6	0 8
3	0 0	0 0	0 0	0 2	0 5	0 5
5	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
7	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
9	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
11	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0

表3 规则R₂ 的Fuzzy 输出关系阵

Table 3 Rule R₂ Fuzzy output relation matrix

e	u					
	40	50	60	70	80	90
1	0 0	0 2	0 2	0 2	0 2	0 0
3	0 0	0 2	0 5	0 5	0 2	0 0
5	0 0	0 2	0 8	0 8	0 2	0 0
7	0 0	0 2	0 5	0 5	0 2	0 0
9	0 0	0 2	0 2	0 2	0 2	0 0
11	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0

表4 规则R₃ 的Fuzzy 输出关系阵

Table 4 Rule R₃ Fuzzy output relation matrix

e	u					
	40	50	60	70	80	90
1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
5	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
7	0 5	0 5	0 2	0 0	0 0	0 0
9	0 8	0 6	0 2	0 0	0 0	0 0
11	1 0	0 6	0 2	0 0	0 0	0 0

表5 总的Fuzzy 输出关系阵

Table 5 Fuzzy output matrix

e	u					
	40	50	60	70	80	90
1	0 0	0 0	0 0	0 2	0 6	0 8
3	0 0	0 2	0 5	0 5	0 5	0 5
5	0 0	0 2	0 8	0 8	0 2	0 0
7	0 5	0 5	0 5	0 5	0 2	0 0
9	0 8	0 6	0 2	0 2	0 2	0 0
11	1 0	0 6	0 2	0 0	0 0	0 0

2 3 去模糊化

采用面积重心法去 Fuzzy 化方法^[7], 即 $u^* =$

$\sum_{j=1}^n u_j \mu_U(u_j) / \sum_{j=1}^n \mu_U(u_j)$, 其中 n 为输出离散化的档数, 当 $e= 1$ 时, Fuzzy 控制器输出的非Fuzzy 值为

$$u^* = \frac{0 \times 40 + 0 \times 50 + 0 \times 60 + 0.2 \times 70 + 0.6 \times 80 + 0.8 \times 90}{0 + 0 + 0 + 0.2 + 0.6 + 0.8} = 83.8$$

计算所有输入值得查询表如表6 所示。表6 中I 为阀的输入电流信号(调节阀为输入信号是 4~ 20 mA 的气关阀)。

表6 总Fuzzy 输出查询表

Table 6 Fuzzy output query

e 量化前/ e Q S	e 量化后 e Q S d	u *	I/mA
(1, 2)	1	83.8	6.6
[2, 4)	3	72.8	8.4
[4, 6)	5	65.0	9.6
[6, 8)	7	57.3	10.8
[8, 10)	9	52.0	11.7
[10, ∞)	11	45.6	12.7

3 系统实现

本系统用工业控制计算机(IPC)实现, 用Visual C++ 编制软件, 控制周期为 90 s; 每个量每秒采样 20 次求平均作为 1 个样本, 将 90 s 所得数据经滤波处理后作为检测量。根据采集到的信息, 将直热锅炉的实际工作状态在屏幕上显示出来, 其系统框图如图 3 所示。

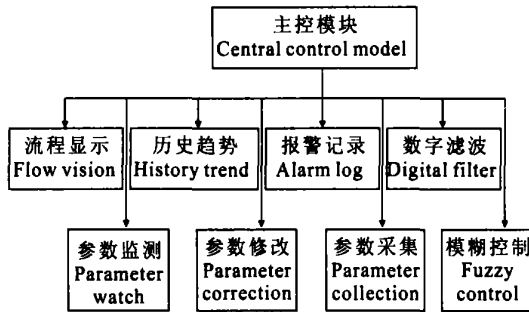


图3 系统结构示意图

Fig 3 Schematic system structure

4 结 语

本系统采用3管出口温差输入,以调节阀开度为控制量,在大庆石油管理局某热电厂电站投入运行3年来,每年检修时均未发现加热管结焦现象,加热管也无需更换。而使用此种技术之前,每年检修均须更换加热管。这样不但节约了检修费用,同时也达到了提高供料质量、降低能耗的目的,证明本研究提出的流量均匀适应式Fuzzy优化控制方案是合理有效的。可以断言,其他流体流量分配控制系统运行中存在的偏流问题,也可以采用本研究提出的Fuzzy控制方法来解决。

[参考文献]

- [1] 楚云飞,徐文立,王峻,等.基于切换控制的均匀液位控制[J].清华大学学报:自然科学版,2005,45(1):107-110
- [2] 刘向杰,周孝信.Fuzzy控制在电厂锅炉控制中的应用现状及前景[J].电网技术,1998,22(11):4-10
- [3] 窦春霞,张兴中.锅炉燃烧系统的聚类自适应Fuzzy控制器设计[J].系统工程学报,2002,17(4):336-339
- [4] 窦春霞,张兴中.用FCGA优化的汽包锅炉燃烧系统自适应Fuzzy控制器设计[J].电工技术学报,2002,17(2):88-91
- [5] 史延馥,王广军.基于Fuzzy模式识别的电站能耗故障分类[J].热能动力工程,2000,15(9):526-528
- [6] 刘向杰,徐凝,姜国君,等.火电厂锅炉主汽压系统的Fuzzy识别与Fuzzy控制[J].中国电机工程学报,1999,19(8):1-6

The research of unifom stream Fuzzy optim ization control in power-plant straight-heating boiler

XU Jian-jun¹, WANG Huan-yong², LI Hong-yu¹, GAO Feng³

(1 Electricity and Infomation Engineering College, Daqing Petroleum Institute, Daqing, Heilongjiang 163318, China;

2 Daqing Oilfield Power Group, Daqing, Heilongjiang 163453, China;

3 Daqing Oilfield Heating and Power Plant, Daqing, Heilongjiang 163314, China)

Abstract: On the basis of bias-flow analysis of burning system of power-plant straight-heating boiler and its countemeasures, a control scheme is given for the three Fuzzy controller to be built by three pipes export absolute temperature-difference as the input, the openness of the valve as the controlled object. After realizing this control scheme, the problem of coked heat-pipes in burning process has been resolved perfectly. It can increase the heat-pipe's life more than three times. Real running shows the new design scheme is reasonable and effective.

Key words: straight-heating boiler; Fuzzy optimization; stream control; oilfield power plant; control arithmetic