

过热蒸汽温度串级模糊控制

张松兰

(盐城工学院 电气工程学院,江苏 盐城 224051)

摘要:针对传统过热蒸汽温度串级控制参数固定不变,不能在线调整的缺点,应用模糊控制技术,设计了锅炉过热蒸汽温度模糊控制系统,并用仿真工具进行了对比仿真研究。仿真结果表明,采用模糊控制可获得比使用传统PID控制更为理想的调节效果,其综合控制品质指标提高,可以消除振荡,减小调节时间,降低了超调幅值。

关键词:过热蒸汽温度;模糊控制;串级控制;仿真

中图分类号:TK223.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2009)01-0043-03

过热蒸汽温度是火力发电厂锅炉设备的重要参数,在热电厂生产过程中,整个汽水通道中温度最高的是过热蒸汽温度。过热器正常工作的温度,一般要接近于材料允许的最高温度。如果过热蒸汽温度过高,则过热器易损坏,还会使汽轮机内部引起过度的热膨胀,严重影响生产运行的安全;如果过热蒸汽温度偏低,则设备的效率将会降低,同时使通过汽轮机最后几级的蒸汽湿度增加,引起叶片的磨损。因此,必须控制过热器出口蒸汽温度。锅炉蒸汽过热系统的控制任务,就是为了维持过热器出口蒸汽温度在允许范围内,并保护过热器管壁温度不超过允许的工作温度^[1]。

1 串级控制设计^[2]

过热蒸汽温度控制的任务是维持高温过热器

出口温度在允许范围之内,并保护过热器使其管壁温度不超过允许的工作温度。引起过热蒸汽温度变化的扰动因素主要有蒸汽流量、烟气传热量和减温水量,其中起主要作用的是蒸汽流量和减温水流量两个方面。在这些扰动因素作用下,控制对象的动态特性都是有迟延、有惯性且有自平衡能力的。由于被控对象(过热器通道)具有较大的延迟和惯性以及运行中较小的温度控制偏差要求,所以采用单回路调节系统往往不能获得较好的调节品质。针对主汽温调节对象调节通道惯性延迟大、被调量信号反馈慢的特点,可从对象的调节通道中选择一个比被调量反应快的中间点信号,作为调节的补充反馈信号构成串级控制,以改善调节通道的动态特性,从而提高调节系统的控制品质。其控制方块图如图1所示。

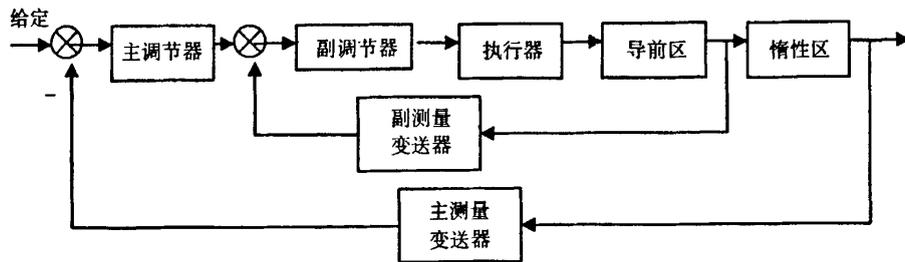


图1 过热蒸汽温度串级控制方块图

Fig. 1 Cascade control chart for superheat steam temperature

收稿日期:2008-09-07

作者简介:张松兰(1973-),女,安徽怀宁人,硕士,讲师,主要研究方向为过程控制及系统仿真。

由图 1 可以看出,此串级控制图是用 2 个回路组成。一个是由副调节器、导前区和执行器组成的副回路,另一个是由副回路、主调节器和惰性区组成的主回路。其基本原理就是系统根据主蒸汽温度设定值和反馈值的偏差作为主调节器的输入,主调节器经过运算后的输出作为副调节器的设定值,此设定值与二级喷水减温器出口温度反馈的偏差作为二级过热器出口温度调节器的输入,其输出作为执行器的输入动作指令。

在主蒸汽温度调节系统中,副调节回路的延迟和惯性比较小,在这种情况下,副回路的调节过程较快,当副回路消除喷水扰动时,主蒸汽温度基本上不受影响。因此当副回路动作时主回路可以看作是开路;主回路动作时,副回路可以看作是迅速动作的随动系统,即二级减温器出口温度基本上与校正信号成比例变化。

但对大延迟系统,用延迟信号进行反馈调节,有时不仅无法达到预期的调节效果,甚至可能恶化调节结果。因此对存在较大延迟的控制对象,加入模糊控制技术,将有效改善调节的动态品质。

2 模糊串级控制^[3-5]

2.1 模糊集和模糊论域及隶属函数的确立

模糊控制器采用的是二维模糊控制器,其 2 个输入信号为主蒸汽温度偏差信号和误差变化率,输出变量为控制量。它们相应的模糊语言变量用 E (温度偏差), EC (温差变化率)和 U (阀门

开度)表示。模糊集取 7 个,即为 $\{NB, NM, NS, ZE, PS, PM, PB\}$ 。3 个变量模糊子集如下:

$E = \{NB, NM, NS, ZE, PS, PM, PB\}$, 依次表示的实际物理意义为出口温度 $\{$ 很低, 较低, 稍低, 正好, 稍高, 较高, 很高 $\}$ 。

$EC = \{NB, NM, NS, ZE, PS, PM, PB\}$, 依次表示的实际物理意义为出口温度变化 $\{$ 负方向快速增加, 负方向增加, 负方向稍微增加, 不变, 正方向稍微增加, 正方向增加, 正方向快速增加 $\}$ 。

$U = \{NB, NM, NS, ZE, PS, PM, PB\}$, 依次表示的实际物理意义为喷水减温阀 $\{$ 全关, 半关, 稍微关小, 不动, 稍微开大, 半开, 全开 $\}$ 。

输入和输出的论域分别为:

$$E = \{-6, -4, -2, 0, 2, 4, 6\};$$

$$EC = \{-6, -4, -2, 0, 2, 4, 6\}$$

$$U = \{-6, -4, -2, 0, 2, 4, 6\}$$

选择输入变量的隶属度函数为三角型函数, 输出变量的隶属度函数也为三角型函数。得到的 E 、 EC 和 U 的隶属函数如图 2 所示。

2.2 模糊控制规则的建立

输入模糊变量通过模糊规则与输出模糊变量建立关系,在考虑模糊控制规则时,选取控制量变化的原则为:当误差大或较大时,选择控制量以尽快消除误差为主;当误差较小时,选择控制量要注意防止超调,以系统的稳定性为主要出发点。得到表 1 的控制规则表。

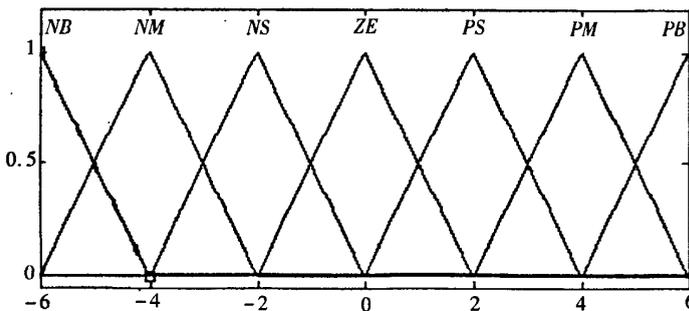


图 2 变量隶属度函数

Fig.2 Variable membership function

3 仿真研究

为与传统的 PID 控制器相比,建立常规过热蒸汽温度串级控制仿真模型,由于温度时延较大,

对导前区的温度信号先进行微分,得到的仿真曲线如图 3 中的 PID 所示。另外对主调节器采用模糊控制,副调节器采用比例控制,建立系统的串级模糊控制仿真模型,得到的仿真曲线如图 3 中的

表1 模糊控制规则表
Table 1 Fuzzy control rule

EC	E						
	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NM	NM	NM	NS	NS
NM	NB	NM	NM	NS	NS	ZE	PS
NS	NM	NM	NS	NS	ZE	PS	PM
ZE	NM	NM	NS	ZE	PS	PM	PM
PS	NM	NS	ZE	PS	PS	PM	PM
PM	PS	ZE	PS	PS	PM	PM	PM
PB	PS	PS	PM	PM	PM	PB	PB

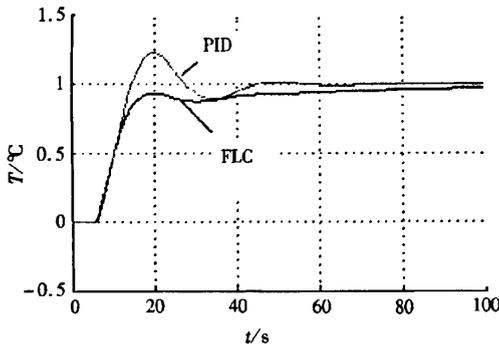


图3 过热蒸汽控制系统响应曲线
Fig.3 Response curve of superheat steam control system

FLC 所示。从图中可以看出,常规串级控制系统的超调量较大,上升速度较快,但调节时间较长。而且对于系统的时滞环节,该系统的调节作用较差。而使用模糊串级控制,减小了系统响应的超调量,并且有效抑制了振荡,控制精度高,动态性能好,而且参数整定方便。

4 结束语

本文针对过热蒸汽温度控制将模糊自适应系统控制算法应用于温度控制系统中,利用模糊控制来实现对复杂对象的控制,将操作人员和专家的控制经验应用于控制过程,根据模糊控制规则组织控制决策表,由该表决定 PID 参数的输出值,实现了在线对 PID 参数整定,使系统运行中保持合适的瞬态参数,克服了传统 PID 控制器参数不可调整的缺点,改善了被控过程的动态、稳态性能,提高了系统的抗干扰能力,其控制效果远远优于常规的 PID 调节,显示出模糊控制算法的优越性。

参考文献:

- [1] 张玉铎,王满稼.热工自动控制系统[M].北京:水利电力出版社,1985.
- [2] 范永胜,徐治皋,陈来九.基于动态特性机理分析的锅炉过热汽温自适应模糊控制系统研究[J].中国电机工程学报,1997,17(1):23-28.
- [3] 吕剑虹,王建武,王永生.电站高加水位快速模糊控制系统[J].华东电力,2000,29(5):1-3.
- [4] 施海平.模糊控制技术在国产200MW机组协调控制系统上的应用[J].中国电力,1999,32(3):51-56.
- [5] 胡一倩,吕剑虹,张铁军.一类自适应模糊控制方法研究及在锅炉汽温控制中的应用[J].中国电机工程学报,2003,23(1):136-140.

Cascade Fuzzy Control on Superheat Steam Temperature

ZHANG Song-lan

(Electricity Engineering of YCIT, Jiangsu Yancheng 224051, China)

Abstract: According to the cascade control situation of superheat steam temperature, their parameters are fixed and can't be adjusted. Fuzzy control has been applied on steam temperature and the temperature fuzzy control system has been designed. Studies have been performed between fuzzy control and traditional cascade control by simulation. Results have been shown that fuzzy control can achieve better effect of high performance specification, such as no system oscillation, less settling time and overshoot.

Keywords: Superheat steam temperature; Fuzzy control; Cascade control; Simulation

(责任编辑:沈建新;校对:张英健)