

基于模式识别的仿人变周期控制器及其应用

杨晓飞,陈铁军,尚海涛

(郑州大学电气工程学院 河南 郑州 450002)

摘 要 :提出一种基于模式识别的仿人变周期智能控制方法.这种方法模仿操作人员的操作过程,根据对象动态特性适时改变控制周期,使控制作用及时灵敏,因而具有一定的智能性,能用于解决一些难于建立对象数学模型的控制问题.将其应用于电厂过热汽温控制系统的仿真实验中,结果表明,该方法具有良好的控制性能.

关键词 :模式识别 ;过热汽温 ;仿人智能控制

中图分类号 :TP 273+ .5 文献标识码 :A

0 引言

目前,电厂中广泛使用的过热汽温调节系统主要是基于常规 PID 控制器,虽然它具有结构简单、易于实现等优点,但常规 PID 控制器的参数是根据被控对象的数学模型来整定的,而过热汽温调节的对象具有时变性、不确定性和非线性,难以建立精确的数学模型.因此,当对象的特性发生改变时,该控制系统的控制品质也就明显下降了.本文给出一种基于模式识别的仿人变周期控制器,并将其应用于过热汽温控制系统.仿真实验表明,该智能控制系统具有良好的控制性能和较强的适应能力.

1 汽温被控对象的动态特性

过热器布置在高温烟道中,大型锅炉的过热器往往分为若干段,在各段之间设置喷水减温器,温度调节用的减温水由锅炉给水系统提供,图 1 是其示意图.图中, θ_2 是过热蒸汽温度,它是控制系统的被调量; θ_1 是喷水减温器后的过热器温度; D 是蒸汽流量; W 是喷水量,它是系统的调节量.由于管内的蒸汽和管壁可视为多个单容对象串联组成的多容对象,喷水量的变化必须通过这些单容对象,才能最终影响到过热器出口蒸汽温度.因此,其具有比较大的滞后和惯性,这也正是此对象难以控制的原因.根据文献 [1] 可知,在减

温水流量扰动下,导前汽温的传递函数可表示为

$$G_0(s) = \frac{\theta_1(s)}{W(s)} = \frac{K_1}{(1 + T_1 s)^{n_1}} ; \quad (1)$$

对象惯性区的传递函数可表示为

$$G_0(s) = \frac{\theta_2(s)}{\theta_1(s)} = \frac{K_2}{(1 + T_2 s)^{n_2}} , \quad (2)$$

式中: K_1, K_2 分别为减温水流量扰动下导前汽温和惯性区的放大系数; T_1, T_2 为减温水流量扰动下导前汽温和惯性区汽温对象的时间常数; n_1, n_2 为阶数.

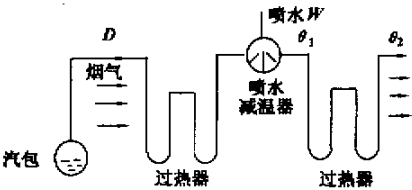


图 1 过热蒸汽喷水减温系统示意图
Fig.1 The system of super - heated steam minished by spray water

2 基于模式识别的仿人变周期控制的基本思想

在实际系统中,控制系统的动态过程是不断变化的,为了获得良好的控制性能,控制器必须根据控制系统的动态特性,不断地改变或调整控制策略,以便使控制器本身的控制规律适应于控制

系统的需要.在常规计算机控制系统中,通常采用不变的控制周期进行控制,通过分析人的手动控制策略,不难理解控制周期本身是一个十分重要的控制参数.在手动控制过程中,如果误差大且变化速度快,在同样的时间内操作者要观察的次数就多,为了尽快消除误差,操作者就要相应地增加控制操作次数.反之,当误差已经很小且变化速度又慢时,操作者观察的次数就会减少,控制量的改变也小,甚至维持不变.从上述对手动控制过程的分析中可以看出,善于采用变控制周期进行控制体现了人的智能特点.因此,在用计算机实现仿人智能控制中,可以仿效人的手动控制中变控制周期的策略,实行变控制周期控制.基于模式识别的仿人变控制周期控制的基本思想就是在控制过程中利用计算机模拟人的控制行为功能,最大限度地识别和利用控制系统动态过程所提供的特征信息,进行启发和直觉推理,并且在线调整控制周期,使控制作用及时准确,从而实现对缺乏精确数学模型的对象进行有效的控制^[2].

对系统动态特征的模式识别,主要根据被控系统输出误差及误差变化 \dot{e} ,以及由它们组合构成的特征变量 $\text{sgn}[e \cdot \dot{e}], \text{sgn}[\dot{e}], |\dot{e}/e|$ 来划分动态特征模式.一个控制系统动态特性都会反映到系统输出误差 e 及其一阶导数 \dot{e} 上.被控动态系统输出的相轨迹在相平面 $e - \dot{e}$ 上所处的不同区域,就对应了系统的某种动态行为.因此,可将相平面 $e - \dot{e}$ 划分为不同的特征模式类.图2的相平面 $e - \dot{e}$ 被划分为6个特征模式类,它们定义如下:

$$\omega_1 = \{\omega \mid |e| > e_B\};$$

$$\omega_2 = \{\omega \mid |e| < e_A, |\dot{e}| < \dot{e}_A\};$$

$$\omega_3 = \{\omega \mid e \cdot \dot{e} \geq 0, \omega \notin \omega_1, \omega \notin \omega_2\};$$

$$\omega_4 = \{\omega \mid e \cdot \dot{e} < 0, |\dot{e}| - \alpha |e| <$$

$$0, \omega \notin \omega_1, \omega \notin \omega_2\};$$

$$\omega_5 = \{\omega \mid e \cdot \dot{e} < 0, \alpha |e| \leq |\dot{e}| \leq \beta |e|, \omega \notin \omega_1, \omega \notin \omega_2\};$$

$$\omega_6 = \{\omega \mid e \cdot \dot{e} < 0, |\dot{e}| - \beta |e| > 0,$$

$$\omega \notin \omega_1, \omega \notin \omega_2\}.$$

其中 α, β, e_B, e_A 及 \dot{e}_A 均为根据控制决策需要所选定的正的常数.

上述6个模式类对应着系统输出响应曲线的不同阶段,每个模式类都映射出系统相应的不同特征.例如,当出现 ω_4 模式时,表明系统误差 e 大而 \dot{e} 较小,处于超调结束,缓慢趋向给定值的初

始阶段,为缩短过渡过程时间,应适当修正当前的控制量,当出现 ω_6 模式时,表明系统误差 e 小而 \dot{e} 较大,正在快速趋向给定值,为防止可能出现的回调,应适当抑制控制量.

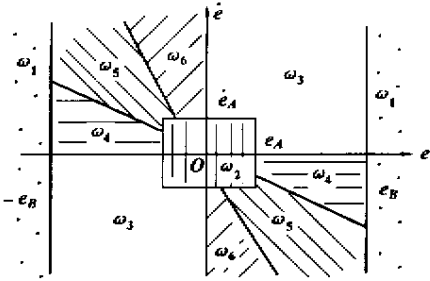


图 2 6 个特征模式类

Fig.2 Six kinds character pattern

3 基于模式识别的仿人变周期控制器及其算法设计

基于模式识别的智能控制器的结构框图如图3所示,它类似于一个专家控制器,由四部分组成.

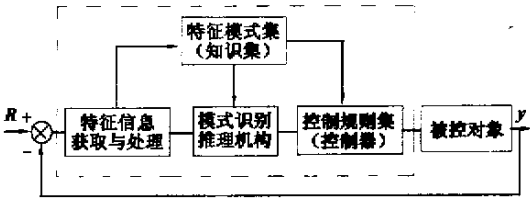


图 3 基于模式识别的智能控制器结构

Fig.3 Intellectual controller based pattern recognize

根据被控过程动态特性具有多特征模式的特点,在控制规律上考虑采用开环、闭环相结合,开关控制与常规控制相结合的多种控制模式^[3].

通过对误差相平面的定义及其分析,共确定8种预定模式.它们构成了预定模式集,每一个预定模式分别为

$$M_1 = \{e \geq e_{\max}\}; \quad M_2 = \{e \leq -e_{\max}\};$$

$$M_3 = \{e < \varepsilon_1, \dot{e} < \varepsilon_2\}; \quad M_4 = \{e = 0\};$$

$$M_5 = \{e \cdot \dot{e} \geq 0, e \notin M_1, e \notin M_2, e \notin M_3\};$$

$$M_6 = \{e \cdot \dot{e} \leq 0, |\dot{e}/e| < \alpha, e \notin M_1,$$

$$e \notin M_2, e \notin M_3\};$$

$$M_7 = \{e \cdot \dot{e} \leq 0, \alpha \leq |\dot{e}/e| \leq \beta, e \notin M_1,$$

$$e \notin M_2, e \notin M_3\};$$

$$M_8 = \{e \cdot \dot{e} \leq 0, |\dot{e}/e| > \beta, e \notin M_1,$$

$$e \notin M_2, e \notin M_3\};$$

式中 e_{\max}, ε_1 和 ε_2 分别为设定的误差最大值和

允许的误差及其导数的值 $;\epsilon_1, \epsilon_2$ 为小的正数 $;\alpha, \beta$ 为控制器的控制参数.

根据预定模式,设计控制算法分别为

$$\left\{ \begin{array}{l} U_1 = \{u(t) = u_{\max}\}; \\ U_2 = \{u(t) = u_{\min}\}; \\ U_3 = \{u(t) = u(t-1)\}; \\ U_4 = \{u(t) = u(t-1) + K_p[\epsilon(t) - \epsilon(t-1) + \frac{T_s}{T_i}\epsilon(t)]\}; \\ U_5 = \{u(t) = u(t-1) + K_p[\epsilon(t) - \epsilon(t-1) - \frac{T_s}{T_i}\epsilon(t)]\}, \end{array} \right. \quad (3)$$

式中 $:K_p$ 为比例增益 $;T_i$ 为积分时间常数 $;T_s$ 为采样时间常数.

在上述仿人智能控制算法的基础上,给出控制周期在线自选择规则,即如果

$$|\Delta e_n| \left\{ \begin{array}{l} \geq a_1; \\ < a_1 \text{ 且 } \geq a_2; \\ < a_2, \end{array} \right.$$

则

$$T_c = \begin{cases} T_{c1}; \\ T_{c2}; \\ T_{c3}. \end{cases}$$

式中 Δe_n 为当前误差变化值 $;a_1, a_2$ 均为设定的误差变化界限值 $;T_{c1}, T_{c2}, T_{c3}$ 为控制周期的专家推荐经验值.

推理形式是以特征模式集 M 与 T_c 为条件,控制算法集 U 作为结论.例如,第一条推理规则表示为

IF M_1 AND T_{c1} THEN U_1 ,
其余如表 1 所示,其中控制参数 K_p, T_i, α, β 待整定.

表 1 推理规则总表

Table 1 Regulation of control discursion

控制周期 T_c	特征模式集 M							
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8
T_{c1}	U_1	U_2	U_5	U_3	U_4	U_5	U_5	U_5
T_{c2}	U_1	U_2	U_5	U_3	U_4	U_4	U_5	U_5
T_{c3}	U_1	U_2	U_5	U_3	U_4	U_5	U_5	U_5

4 基于模式识别的智能变周期控制器的仿真

基于仿人变周期智能控制的汽温控制系统保持了串级系统的基本结构,仅用智能控制器取代

原来的主调节器.对该智能控制系统进行仿真研究.被控对象参数采用文献 [5] 给出的参数,即调节对象的导前区传递函数为

$$G_{01}(s) = \frac{8}{(1 + 15s)^2}; \quad (4)$$

调节对象的情性区传递函数为

$$G_{02}(s) = \frac{1.125}{(1 + 25s)^3}; \quad (5)$$

导前汽温主蒸汽温度测量变送单元为

$$W_{H1}(s) = W_{H2}(s) = 0.1 \text{ mA}/^\circ\text{C}.$$

为了说明仿人智能控制周期控制的效果,将其用于常规 PID 串级控制系统与固定控制周期仿人智能控制器相比较,这时常规 PID 控制器采用文献 [7] 中整定的参数:

$$W_{c1}(s) = 25; W_{c2}(s) = 2\left(1 + \frac{1}{74s}\right),$$

仿人智能控制周期的在线自选择规则为如果

$$|\Delta e_n| \left\{ \begin{array}{l} \geq 5 \times 10^{-4}; \\ < 5 \times 10^{-4} \text{ 且 } \geq 8 \times 10^{-5}; \\ < 8 \times 10^{-5}, \end{array} \right.$$

则

$$T_c = \begin{cases} T_{c1} = 0.5; \\ T_{c2} = 1; \\ T_{c3} = 2. \end{cases}$$

其中,周期单位为 s.

对仿真模型作 $R = 2$ 的阶跃变化,系统的响应如图 4 所示,曲线 1 为常规 PID 控制响应曲线,曲线 2 为常规仿人智能控制响应曲线,曲线 3 为变控制周期仿人智能控制响应曲线.可以看出,智能控制所产生的超调量远小于常规 PID 控制所产生的超调量,而且整个过程显得更为平稳,过渡时间也比常规 PID 控制的过渡时间短些,并且,仿人变控制周期控制与固定控制周期仿人智能控制相比较,在快速性和准确性方面有较明显的提高.

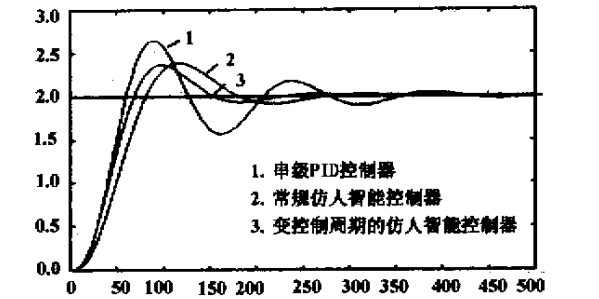


图 4 三种控制器仿真曲线对比

Fig.4 Simulated curve contrast of three controller

5 结 论

上述仿真实验表明,本文提出的基于模式识别的仿人变周期控制器及其算法,可应用于过热汽温控制系统中,并且,该过热汽温智能控制系统具有较强的自适应能力和鲁棒性,其控制品质优于常规的 PID 控制器.同时,这种方法也是一种多模态的决策,在实际使用中,控制规则可在线修改,因此这种方法使用非常方便,且这种控制方法鲁棒性好、适应性强,可以广泛地使用于一类难于建立对象数学模型的场合.

参考文献:

[1] 杨献勇.热工过程自动控制[M].北京:清华大学出

版社,2000.

[2] 李士勇.模糊控制·神经控制和智能控制论[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,1996.
[3] 何克忠,李伟.计算机控制系统[M].北京:清华大学出版社,1999.
[4] 陈宗海.过程系统建模与仿真[M].北京:中国科学技术大学出版社,1997.
[5] 张奕英,孙万云.火电厂过程控制[M].北京:中国电力出版社,2000.
[6] 程卫国,冯峰,姚东,等.MATLAB 5.3 应用指南[M].北京:人民邮电出版社,1999.
[7] 陶文伟,肖大维.单神经元控制器及其在过热汽温控制中的应用[J].自动化与仪器仪表,2000(2):31-34.

An Adaptive Period Simulated Human Controller Based on Identification and Its Applications

YANG Xiao - fei , CHEN Tie - jun , SHANG Hai - tao

(College of Electric Engineering Zhengzhou University Zhengzhou 450002 ,China)

Abstract :A method of adaptive period simulated human controler based on pattern identification is provided. This method simulates the spot operator and changes the control period timely according to the system 's behavior to make control effect delicate. It can solve the control problem that the math model of the object is difficult to establish exactly. Applied the controller to the super - heated steam temperature control system , the simulation results show that the adaptive period simulated human controller based on pattern identification has a good performance.

Key words :pattern identification ; super - heated steam ; simulated human intellectual control