

模糊自适应预测控制 在电厂主汽温控制中的应用

祁 昶¹, 陈跃华², 黄天戌¹

(1. 武汉大学 电子信息学院, 湖北 武汉 430079;

2. 上海交通大学 电子信息与电气工程学院, 上海 200030)

摘要: 针对电厂主汽温对象属于非线性系统、难于控制这一问题, 基于自适应和最优控制的原理, 提出基于 T-S 模糊模型的预测控制方法。在简要分析了主汽温对象特点的基础上, 建立了主汽温对象的 T-S 模型, 并给出了相应的模型参数辨识方法。接着引入预测控制方法, 并给出了具体的实现方法和仿真试验结果。试验结果表明该自适应控制算法具有较好的负荷适应性, 能满足对主汽温对象的控制要求。

关键词: 主汽温; 自适应; T-S 模糊模型; 预测控制

中图分类号: TM 763; TP 202^{+.7} **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-6047(2005)05-0015-05

0 引言

大多数电厂热工过程都是本质非线性、时变且具有较大滞后特性的复杂对象, 机组经常工作在负荷大范围变化的条件下, 特别是在广泛应用的滑压运行工况, 蒸汽压力的设定值按照与电负荷对应的蒸汽流量成比例变化, 使得锅炉侧被控过程呈现与负荷水平密切相关的明显非线性特征。模糊控制、人工神经网络以及预测控制方法对于解决复杂系统的控制问题有着各自的特点和优势。其中, 预测控制的核心是利用过去及现在的系统信息, 并预测到系统未来的输出变化, 以有限时域滚动优化的方式使受控量和目标值的偏差尽可能小, 实现系统的优

化控制。实际的控制系统中往往存在着许多不确定性, 包括被控对象参数的不确定性、控制目标和系统约束的不确定性等, 这些不确定性属于模糊不确定性。针对这一情况, 本文提出了基于 T-S 模糊模型的预测控制方法, 将非线性系统的模糊建模和预测控制相结合, 进一步提高控制效果, 并将该方法应用于电厂的主汽温控制中。

1 T-S 模糊模型

T-S 模糊模型适应于表达复杂系统的动态特性。由于 T-S 模糊模型的结论部分采用的是线性方程式描述, 因此它便于采用传统的控制策略设计相关的控制器和对控制系统进行分析^[1]。

1.1 T-S 模糊模型的结构形式

用 R_i 表示模糊模型的第 i 条规则, T-S 模糊模

收稿日期: 2004-11-19; 修回日期: 2005-01-29

基金项目: 国家 863 科技项目发展基金(2002AA517020)

Isolated power network topology analysis and its application in service restoration

YANG Xiu-xia¹, ZHANG Xiao-feng², ZHANG Yi¹

(1. Naval Aeronautical Engineering Academy, Yantai 264001, China;

2. Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China)

Abstract: According to the structural characteristics of isolated power network, practical models for power supply and distribution system, including source model, load model and line model, are defined. A new method of forming associated matrix is provided to on-line analyze the network topology. Combined with the global network simplified analysis, it is used to identify the affected devices in fault tracing. Based on the states of branches after system fault, the faults are handled for service restoration. Practice shows that the proposed algorithm can accurately and reliably describe and trace the topological structure of system.

This project is supported by Natural Science Fund of Hubei Province(2003ABA050).

Key words: isolated power system; topology analysis; fault tracing; fault handling

型可描述如下:

$$\begin{aligned} R_i: & \text{IF } x_1 \text{ is } A_1^i \text{ and } \cdots \text{ and } x_n \text{ is } A_n^i \\ & \text{THEN } y^i = p_0^i + p_1^i x_1 + \cdots + p_m^i x_m \quad (1) \\ & i = 1, 2, \cdots, n \end{aligned}$$

式中 $[x_1, x_2, \cdots, x_m]$ 为广义输入向量; A_j^i 是模糊子集, 其隶属度函数中的参数称为前提参数; p_j^i 则是结论参数; y^i 是第 i 条规则的输出。

系统总的输出由诸规则输出 y^i ($i = 1, 2, \cdots, n$) 的加权平均求得:

$$\hat{y} = \sum_{i=1}^n \mu^i y^i / \sum_{i=1}^n \mu^i \quad (2)$$

式中 n 是模糊规则的数量; μ^i 代表对应此广义输入向量的第 i 条规则的隶属度, 由下式确定:

$$\mu^i = \prod_{j=1}^m A_j^i(x_{j0}) \quad (3)$$

1.2 T-S 模糊模型的启发式辨识方法

对于 T-S 模型可以采用多种辨识方法对其进行辨识。常用的方法有基于聚类算法的 T-S 模糊模型辨识; 基于满意聚类算法的 T-S 模型辨识; 启发式辨识。前两种辨识方法都是将待辨识的过程模型看成是一个“黑箱”系统, 即辨识所依据的只是过程的外特征——输入/输出数据信息。而启发式方法首先人为地将输入变量空间划分为若干等份, 然后根据样本数据在这些划分出来的子空间中所占的权重进行加权平均并以此确定模糊规则的结论参数 (p_j^i); 而模糊系统的非线性逼近功能则是通过改变模糊划分和加权指数加以调整^[2]。此种方法的优点在于避免了复杂的非线性规划运算过程, 只需要调整两个参数就可以达到理想的非线性逼近效果, 因此实现简单。而且, 当样本数据中包含噪声分量时, 该方法与采用最小二乘法确定结论参数的方法相比表现出较好的抗干扰能力^[3]。

下面介绍启发式辨识算法的步骤。

a. 通过线性变换将输入域映射到论域 $[0, 1]$ 。

b. 对论域进行模糊划分, 确定模糊模型结构。对于大样本事件采用线性等间隔划分, 而对于小样本事件则采用非线性划分。对于一个 $r \times 1$ 的多输入单输出 (MISO) 系统, 现有 m 个输入/输出样本数据: $\{(x_j, y_j) | j = 1, 2, \cdots, m\}$, 其中 $x_j = (x_{j1}, x_{j2}, \cdots, x_{jr})$ 为系统输入向量; y_j 为系统输出, 并且有 $x_j \in X = [0, 1]^n$ 。在第 j 个输入子空间 $[0, 1]$ 上等间隔划分出 $M+1$ 个模糊子集, 以 $\{A_{j1}, A_{j2}, \cdots, A_{jM+1}\}$ 表示。对每一个模糊子集都采用三角形隶属度函数, 任意一输入变量 $x_{j,i} \in [0, 1]$ 在模糊子集的隶属度为

$$\mu_{j,i}(x_{j,i}) = \max\{1 - |Mx_{j,i} - i|, 0\} \quad (4) \\ i = 1, 2, \cdots, M+1$$

c. 根据步骤 b 所确定的模糊划分, 确定 γ 并由式 (5) 计算各样本点所占权重。

$$W_{j,i} = \left\{ \prod_{i=1}^{M+1} \mu_{j,i}(x_{j,i}) \right\} \gamma \quad (5)$$

d. 由式 (6) 确定模糊规则的结论参数。

$$a_i = \frac{\sum_{j=1}^{M+1} W_{j,i} y_{j,i}}{\sum_{j=1}^{M+1} W_{j,i}} \quad (6)$$

e. 检查模型输出的拟合效果是否满足要求。若不满足, 则转到 b, 改变模糊划分, 重新计算。

2 火电厂主汽温对象特性分析

在现代热力发电厂热工控制中, 锅炉出口过热蒸汽温度 (主汽温) 是锅炉的主要参数之一, 对电厂的安全经济运行有重大影响。主汽温必须严格控制, 在给定值附近, 例如, 亚临界压力机组的主蒸汽温度通常要求其暂态偏差不能超过 $\pm 8^\circ\text{C}$, 稳态偏差不允许超过 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。理论分析和大量的实践证明, 在影响过热汽温的诸多因素中, 蒸汽流量 (负荷)、烟气扰动 (热负荷)、过热器入口温度 (减温水量) 是 3 个最主要的因素^[4]。根据不同的调节机理, 在实际应用中可采用设置摆动式燃烧器、烟气挡板和多级喷水减温等调节方式。其中, 喷水减温因为调节方式灵活、设备相对简单、易于控制, 是电厂主汽温调节的最主要的手段。由于各种过热器的构造不同, 它们的动态特性和静态特性也有差异, 所以本文着重研究用模糊自适应预测控制算法解决高温过热器出口汽温的调节问题。而过热器出口汽温对减温水扰动的响应特性是随锅炉工况参数 (流量、压力、温度) 变化而变化的。其特性传递函数为

$$t(s) / D_{sp}(s) = K_{DT} \exp(-\tau_0 s - a_d T_m s / (1 + T_m s)) \quad (7)$$

式中 t 为过热器出口汽温; D_{sp} 为减温水扰动量。

在实际控制中用高阶惯性环节 $K_0 / (1 + Ts)^n$ 代替 $\exp[-\tau_0 s - a_d T_m s / (1 + T_m s)]$ 超然函数。进一步, 为减少控制通道上的惯性和滞后, 并提高控制系统抗内扰能力, 在工程上采用串级控制方案。将该高阶惯性环节改写为导前区和惰性区两部分乘积。

导前区近似传递函数为

$$W_1(s) = -K_1 / (1 + T_1 s)^{n_1}$$

惰性区近似传递函数为

$$W_2(s) = K_2 / (1 + T_2 s)^{n_2}$$

参数 $K_1, K_2, T_1, T_2, n_1, n_2$ 皆为工况参数的非线性函数。

3 主汽温对象模型的模糊辨识

3.1 模糊前提变量的选择

在锅炉工况 (流量、压力、温度) 这 3 个参数中流量变化对模型参数的影响最大, 压力次之, 温度变化对模型参数的影响最小。此外, 当机组升降负荷或启停时, 流量的变化与压力的变化是耦合的, 压力可近似为流量的函数。因此, 可认为主汽温对象传递函数参数主要受到流量的影响, 在模糊建模时取流量 (负荷) 作为模糊规则的前提变量。

3.2 主汽温对象辨识模型的选取

在工程中, 对主汽温控制采用如图 1 所示的串级控制方式。

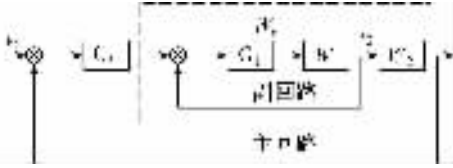


图1 串级控制系统框图

Fig.1 The block diagram of cascade control system

图中, C_1, C_2 分别代表副调节器和主调节器; t_2 和 t_r 分别为过热器出口温度、导前汽温和汽温设定值; W_d 为广义被控对象的传递函数; W_1, W_2 分别为导前区和惰性区近似传递函数。本文以广义被控对象作为待辨识模型。虽然可以通过模糊辨识的方法,在流量(负荷)与传递函数各参数之间建立某种非线性映射关系,但是这种连续型模型的辨识存在着明显的不足。首先,阶次的辨识,尤其是惰性区传函阶次 n_2 的辨识,相对于其他参数的辨识而言是相当困难的。而这种参数化模型辨识又要求已知模型的阶次,若模型阶次辨识不清,将直接影响辨识的准确度。其次,模糊自适应预测控制算法是基于离散模型的,所以不能直接应用于上述连续传递函数。

进一步考察广义汽温对象随负荷变化的情况发现,在没有其他噪声干扰情况下,采样时间 T 取 30 s,截断长度 N 取 50,不同负荷下随着广义汽温对象阶次、参数的变化,它的脉冲响应峰值呈单调递减趋势,同时响应的速度变慢,响应曲线趋于平坦;在保证截断长度覆盖系统整个动态过程的前提下,由此建立的广义汽温对象的有限脉冲响应(FIR)模型系数的个数将不随负荷变化,避免参数化模型因为阶次辨识不准带来的未建模动态问题。此外,对于这种非参数模型,即使个别系数与实际存在很大出入也不会对整个模型的特性造成很大的影响。因此,采用这种非参数化的广义汽温对象 FIR 模型较之一般的连续传递函数具有鲁棒性强、能直接应用于计算机控制等优点。

3.3 不同负荷下广义汽温对象近似 FIR 模型的模糊辨识

设负荷 D 在 $[d, 100\%]$ 范围内变动,其中 $d > 0$ 。将输入 $D \in [d, 100\%]$ 量化为介于 0 和 1 之间的输入变量 x ,其变换公式为

$$x = D - d / (1 - d), x \in \{X: [0, 1]\} \quad (8)$$

在论域 $[0, 1]$ 上定义 n 个模糊集合 $A_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 。由式(1)可建立如下具有 n 条规则的单输入单输出(SISO)模糊模型:

$$\begin{aligned} R_i: & \text{IF } D \text{ is } A_i, u(k-1) \text{ is } U, \dots \text{ and } u(k-N) \text{ is } U, \\ \text{THEN } & y_i(k) = b_i D + g_{0,i} u(k-1) + \\ & \dots + g_{N-1,i} u(k-N) \end{aligned} \quad (9)$$

模糊规则(9)所确定的模糊模型可以看作是常规 T-S 模糊模型的一种特例。式中, U 表示全集; “ $u(k-i)$ is U ”表示对于任意的 $u(k-i) \in \mathbb{R}$ 在全集 U 上的隶属度 $\mu_{u(k-i)}$,即 $u(k-i)$ 可以在实数域内任意取值, $b_i = 0 (i = 1, 2, \dots, N)$ 。设 x 属于模糊集合

A_i 的隶属度为 μ_{A_i} ,模糊“与”算子取“乘”算子,可得到负荷 D 下的近似 FIR 模型为

$$\begin{aligned} y(k) &= \sum_{i=1}^n \mu_i^\alpha \left[\sum_{j=0}^{N-1} g_{j,i} u(k-j-1) \right] / \sum_{i=1}^n \mu_i^\alpha = \\ &= \sum_{j=0}^{N-1} \left(\sum_{i=1}^n \beta_i g_{j,i} \right) u(k-j-1) = \\ &= \sum_{j=0}^{N-1} \hat{g}_{j,D} u(k-j-1) \end{aligned} \quad (0 < \alpha < +\infty) \quad (10)$$

$$\mu_i = \mu_{A_i} \mu_{u(k-1)} \dots \mu_{u(k-N)} = \mu_{A_i}$$

$$\beta_i = \mu_i^\alpha / \sum_{i=1}^n \mu_i^\alpha$$

$$\hat{g}_{j,D} = \sum_{i=1}^n \beta_i g_{j,i}$$

以上各式中, μ_i 为输入变量 x 属于模糊集合 A_i 的隶属度; β_i 为归一化隶属度权重; $\hat{g}_{j,D} (j = 0, 1, 2, \dots, N-1)$ 为 FIR 模型中脉冲响应参数。又由于各元素互不相关,所以模糊模型的辨识问题转化为如下 N 个简单的具有 n 条规则的 SISO 零阶 T-S 模糊模型的辨识问题^[5]:

$$R_i: \text{IF } D \text{ is } A_i$$

$$\text{THEN } \hat{g}_{j,D} = \sum_{i=1}^n \beta_i g_{j,i} \quad (11)$$

运用前面介绍的零阶 T-S 模糊模型启发式辨识方法对这 N 个 SISO 模型进行辨识。根据辨识出的近似 FIR 模型参数 $\{\hat{g}_{j,D}\}$ 确定预测时域 P 。对于广义汽温对象, L 为序列 $\{\hat{g}_{j,D}\}$ 中所有大于 10^{-4} 的元素的个数,仿真试验表明 P 取在 $L/4$ 与 $L/3$ 之间时,系统具有最佳的动态性能和鲁棒稳定性。

4 主汽温的模糊自适应预测控制

对于线性对象,通过离线辨识,得到它的单位脉冲响应在采样时刻 $t = T, 2T, \dots (T$ 为采样周期)的值 $g_1, g_2, \dots$ 。对于渐近稳定对象,由于 $\lim_{j \rightarrow \infty} g_j = 0$,故总可找到一时刻 $t_N = NT$,使得 $j > N$ 后的脉冲响应值 g_i 与测量和量化误差有同数量级,以至可视为 0。这时对象的离散脉冲响应可近似用有限个脉冲响应值 $g_1, g_2, \dots, g_N$ 描述,对象未来时刻的输出则由 FIR 模型得到,下标 m 表示预测模型的输出:

$$y_m(k+i) = \sum_{j=1}^N g_j u(k+i-j) \quad (12)$$

又由于实际对象的时变或非线性等因素造成的模型误差,以及系统中的各种随机干扰,使得预测模型输出不可能对实际对象的输出完全一致,因此需用输出误差反馈启发式校正方法对上述开环模型进行修正。

修正后的闭环输出预测 $y_p(k+1)$ 为

$$y_p(k+1) = y_m(k+1) + [y(k) - y_m(k)] = y_m(k+1) + e(k) \quad (13)$$

式中 $e(k)$ 为 k 时刻的预测误差。

因此,系统的多步输出预测用向量和矩阵形式表示为

$$\mathbf{y}_m(K) = \mathbf{G}_1 \mathbf{u}_1(K) + \mathbf{G}_2 \mathbf{u}_2(K) \quad (14)$$

$$\mathbf{y}_m(K) = [y_m(k+1), \dots, y_m(k+P)]^T$$

$$\mathbf{u}_1(K) = [u(k), \dots, u(k+M-1)]$$

$$\mathbf{u}_2(K) = [u(k-1), \dots, u(k-N+1)]$$

式中 $\mathbf{G}_1, \mathbf{G}_2$ 是由模型参数构成的已知矩阵; $\mathbf{u}_1(K)$ 在 k 时刻是已知的, 而 $\mathbf{u}_2(K)$ 则为所要求的当前和未来时刻的控制输入量。

预测控制性能指标为^[6]

$$J = \sum_{i=1}^P [y_p(k+i) - y_r(k+i)]^2 = [\mathbf{y}_p(K) - \mathbf{y}_r(K)]^T [\mathbf{y}_p(K) - \mathbf{y}_r(K)] \quad (15)$$

令 $\partial J / \partial \mathbf{u}_1(K) = 0$, 求出最优控制律:

$$\mathbf{u}_1(K) = (\mathbf{G}_1^T \mathbf{Q} \mathbf{G}_2^T + \mathbf{R})^{-1} \mathbf{G}_1^T \mathbf{Q} [\mathbf{y}_r(K) - \mathbf{G}_2 \mathbf{u}_2(K) - \mathbf{e}(K)] \quad (16)$$

式中 $\mathbf{Q} = \text{diag}[\omega_1, \dots, \omega_p]$; $\mathbf{R} = \text{diag}[r_1, \dots, r_M]$ 。

由此可得当前时刻的控制量为

$$u(K) = \mathbf{d}^T [\mathbf{y}_r(K) - \mathbf{G}_2 \mathbf{u}_2(K) - \mathbf{e}(K)] \quad (17)$$

式中 $\mathbf{d}^T = [1, 0, \dots, 0] (\mathbf{G}_1^T \mathbf{Q} \mathbf{G}_2^T + \mathbf{R})^{-1} \mathbf{G}_1^T \mathbf{Q}$ 。

5 仿真结果

以某 600 MW 锅炉高温过热器为主汽温对象, 通过仿真实验验证本文所提出的模糊自适应预测控制算法的有效性。

过热器在 4 个特定工况点下的副调节器比例系数 K 及其广义汽温对象如表 1 所示。

表 1 特定负荷下比例系数 K 及其广义汽温对象

Tab.1 The proportion coefficients and the transfer functions relative to given loads

负 荷	$1/K$	广义汽温对象的传递函数 W_d	
37 % ($D = 179.2 \text{ kg/s}$)	0.040	$\frac{16.91}{784s^2 + 56s + 17.91}$	$\frac{1.048}{(1 + 56.6s)^8}$
50 % ($D = 242.2 \text{ kg/s}$)	0.082	$\frac{20.45}{625s^2 + 50s + 21.45}$	$\frac{1.119}{(1 + 42.1s)^8}$
75 % ($D = 347.9 \text{ kg/s}$)	0.150	$\frac{20.46}{400s^2 + 40s + 21.47}$	$\frac{1.202}{(1 + 27.1s)^8}$
100 % ($D = 537.8 \text{ kg/s}$)	0.300	$\frac{20.36}{324s^2 + 36s + 21.38}$	$\frac{1.272}{(1 + 18.3s)^8}$

5.1 设定值响应试验

分别采用模糊预测控制器和 PID 控制器构成串级主汽温控制系统, 作试验负荷为额定值的 37 %, 50 %, 75 % 和 100 % 下的温度设定值阶跃响应试验, 其中副调节器 $1/K$ 的取值如表 1 所示, 模糊预测控制算法中预测时域 P 取 $L/3$, PID 参数按 IST²E 准则确定。下面是各负荷下 2 个控制器参数选择。

a. 模糊预测控制器: $T = 30 \text{ s}$, $N = 50$, $P = 3$; PID 控制器: $K_p = 0.7959$, $T_i = 82.8729$, $T_d = 18.96$ 。

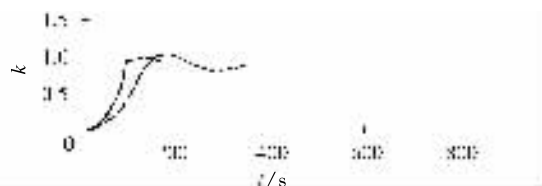
b. 模糊预测控制器: $T = 30 \text{ s}$, $N = 50$, $P = 5$; PID 控制器: $K_p = 0.8450$, $T_i = 145.0276$, $T_d = 33.18$ 。

c. 模糊预测控制器: $T = 30 \text{ s}$, $N = 50$, $P = 8$;

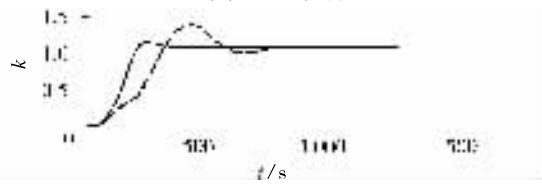
PID 控制器: $K_p = 0.9074$, $T_i = 214.0883$, $T_d = 48.96$ 。

d. 模糊预测控制器: $T = 30 \text{ s}$, $N = 50$, $P = 12$; PID 控制器: $K_p = 0.9809$, $T_i = 338.3969$, $T_d = 77.42$ 。

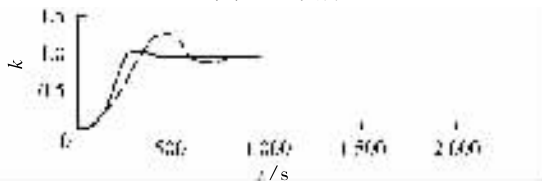
各负荷下的响应曲线如图 2 所示, 图中实线为模糊预测控制响应曲线, 虚线为 PID 控制响应曲线; 纵轴 k 为过热器温度值与设定温度值的比值。



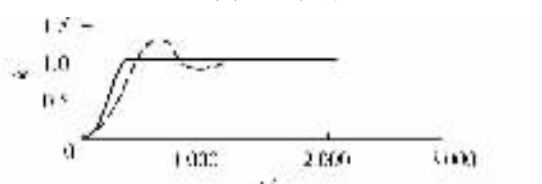
(a) 100 % 负荷



(b) 75 % 负荷



(c) 50 % 负荷



(d) 37 % 负荷

图 2 温度设定值阶跃扰动响应曲线

Fig.2 Response waveforms to temperature step disturb

仿真试验表明, 在高负荷时, 由于主汽温对象的惯性和延迟都较小, 此时预测控制算法和常规 PID 控制器两者的控制效果接近。随着负荷的降低, 主汽温对象的惯性和延迟也随之增大, 此时预测控制的控制效果明显优于 PID 控制器。

5.2 升降负荷扰动试验

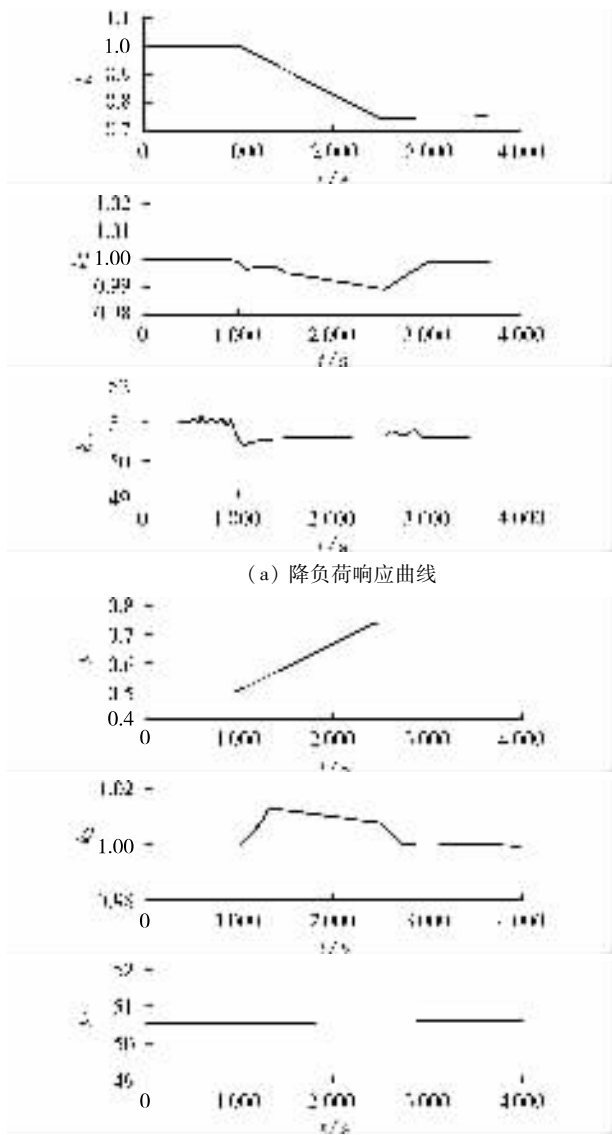
为验证该模糊自适应预测算法的负荷适应性, 分别进行如下 $\pm 25\%$ 负荷扰动试验。

a. 降负荷扰动: 工况点从 100 % 稳定负荷, 以 $1\%/\text{min}$ 的速率降负荷至 75 % 负荷。

b. 升负荷扰动: 工况点从 50 % 稳定负荷, 以 $1\%/\text{min}$ 的速率升负荷至 75 % 负荷。

在上述负荷扰动下主蒸汽温度动态响应曲线如图 3 所示, 图中 k_1 为实际负荷与满负荷的比值, k_2 为实时温度与设定温度的比值, k_3 为减温阀实际开度与满开度的比值。试验结果表明当负荷发生改变时, 本文提出的

自适应控制系统能够根据负荷的变化情况及时调整减温水量并使汽温保持在设定值附近 $\pm 1\%$ 范围内。



(a) 降负荷响应曲线
(b) 升负荷响应曲线
图 3 升降负荷扰动下主汽温响应曲线
Fig.3 Response waveforms to load disturb

6 结语

预测控制是一类基于对象数学模型的优化控制方法,而系统的复杂性与分析系统所能达到的精度是相互制约的。因此,研究模糊环境下的预测控制对于拓展预测控制的应用范围具有重要意义。充分利用了模糊系统强大的泛化能力,将离线模型辨识与在线控制有机地结合起来,既避免了模型在线辨识引起的算法复杂性问题,提高了控制的实时性,又能保证系统具有相当的鲁棒性和动态性能,改善了系统的负荷适应性。

参考文献:

[1] TAKAGI T, SUGENO M. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control [J]. **IEEE Trans. SMC**,1985,90(15):116-132.
[2] NOZAKI K, ISHIBUCHI H. A simple but powerful heuristic method for generating fuzzy rules from numerical data [J]. **Fuzzy Sets and Systems**, 1997,86(3):251-270.
[3] JOHANSSON M, RANTZER A. Piecewise quadratic stability of fuzzy system [J]. **IEEE Trans. on Fuzzy Systems**, 1999,7(6):637-640.
[4] 于希宁,刘红军. 火电厂自动控制理论基础[M]. 北京:中国电力出版社,2001.
[5] TANAKA K, SURGEON M. Stability analysis and design of fuzzy control systems[J]. **Fuzzy Set and Systems**,1992,45(7):145-150.
[6] 舒迪前. 预测控制系统及其应用[M]. 北京:机械工业出版社,1996.

(责任编辑:李玲)

作者简介:

祁昶(1978-),女,湖北武汉人,博士研究生,研究方向为通信系统以及工控网络(E-mail: qichang78@21cn.com);
陈跃华(1978-),男,湖北武汉人,博士研究生,研究方向为控制科学与工程;
黄天戌(1946-),男,湖北武汉人,博士研究生导师,IEEE 会员,研究方向为工控网络与系统工程。

Application of fuzzy self-adapted predictive control to main steam temperature control in power plant

QI Chang¹, CHEN Yue-hua², HUANG Tian-shu¹
(1. Wuhan University, Wuhan 430079, China;
2. Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: Due to its nonlinearity, it is difficult to control the main steam temperature of power plant. A T-S fuzzy model based predictive control method is proposed, which uses the self-adaptation principle and optimal control. Based on the brief analysis of main steam temperature characteristics, its T-S model is built and the relative parameter identification method is given. The predictive control method is then introduced and the detailed realization scheme is described. The simulative results indicate that the fuzzy self-adaptation predictive control algorithm has good load-adaptability.

This project is supported by National 863 Science and Technology Project Development Fund (2002AA517020).

Key words: main steam temperature; self-adaptation; T-S fuzzy mode; predictive control