

基于 Step7 和 WinCC 的焦炉集气管压力分级控制系统

麦雪凤¹, 宁甲宇²

(1. 广西科技大学 电气与信息工程学院, 广西 柳州 545006;

2. 广西柳州欧亚自动化设备有限公司, 广西 柳州 545006)

摘要: 针对采用常规控制方法对焦炉集气管压力控制效果差、无法满足要求的现状, 运用模糊控制和解耦控制原理以及 Step7 和 WinCC 软件, 在已有焦炉集气管压力控制系统基础上提出一种基于模糊解耦控制的分级控制系统; 介绍系统控制策略、程序开发、监控界面设计及系统运行调试等; 运行表明: 该系统控制效果良好, 其控制精度、抗干扰能力等技术指标优于原指标。

关键词: 集气管压力; 模糊解耦控制; 分级控制; Step7; WinCC

Coke Oven Gas Collector Pressure Hierarchical Control System Based on Step7 and WinCC

Mai Xuefeng¹, Ning Jiayu²

(1. School of Electrical and Information Engineering, Guangxi University of Technology, Liuzhou 545006, China;

2. Eurasian Automation Equipment Co., Ltd. Liuzhou 545006, China)

Abstract: Status conventional control methods for coke oven collector pressure control is poor, unable to meet the requirements, the use of fuzzy control and decoupling control theory and software WinCC Step7 and proposes a coke oven collector pressure in the existing control system based on hierarchical control system and fuzzy decoupling control. Describes the system control strategy, program development, monitoring, interface design and system operation and commissioning. Run showed that: the system control works well, the control precision, anti-interference ability and other technical indicators better than the original target.

Keywords: collector pressure; fuzzy decoupling control; hierarchical control; Step7; WinCC

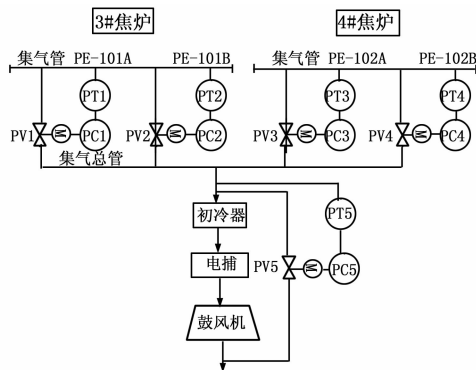
0 引言

焦炉集气管压力是钢铁企业炼焦生产中最重要的指标之一, 其控制效果对焦炉的炉体寿命、焦炭质量等有重大影响, 在这个生产装置中, 往往需要设置若干控制回路来稳定各个被控变量。在这种情况下, 几个回路之间就可能相互关联、相互耦合、相互影响, 构成多输入—多输出的关联(耦合)控制系统^[1], 使系统难于用常规 PID 进行控制。因此, 研究开发出一个有效、可靠、稳定、快速的集气管压力控制系统是当前的迫切需求, 这对提高焦化厂经济效益、改善环境、延长设备使用寿命、提高产品质量等方面具有重大的意义与必要性。

1 系统结构及原理

图 1 为某钢铁公司焦化厂 3#、4# 焦炉的工艺流程, 两座焦炉共 4 条集气管相连通, 各集气管汇集到初冷器前的集气总管, 流经气液分离器、初冷器、鼓风机, 再由鼓风机送往净化回收工序, 经脱硫、硫铵、终冷洗苯等几道工序后, 分两路送出: 一路煤气外送; 另一路煤气回炉, 供焦炉炼焦。原有集气管压力控制系统采用“集气管压力蝶阀调节的单回路控制+初冷器前吸力大回流调节的单回路控制”方案。在出焦、装煤以及换向加热操作等均会使集气管压力不断变化、大幅波

动, 且各控制系统各自独立, 缺乏协调, 不能解决系统之间的耦合性等问题, 实际运行时集气管压力在 70~220 Pa 的大范围波动(而工艺要求控制在 150 ± 20 Pa), 压力过高, 形成炉门冒烟冒火, 严重影响焦炉生产的环境; 压力过低, 会缩短炉体寿命、降低煤气质量、减少焦炭产量^[2]。为此, 针对其数学模型及传递函数难以获得的问题, 采用模糊解耦控制算法, 在已有常规焦炉集气管压力控制系统基础上进行创新, 开发出基于工业编程软件 Step7 和 WinCC 的模糊解耦分级控制系统。



PT1、PT2、PT3、PT4 分别为 3# 焦炉集气管 1 段和 2 段、4# 焦炉集气管 1 段和 2 段压力变送器; PT5 为初冷器前吸力变送器; PV1、PV2、PV3、PV4 分别为 3# 焦炉集气管 1 段和 2 段、4# 焦炉集气管 1 段和 2 段压力调节蝶阀; PV5 为初冷器前吸力调节大回流蝶阀; PC1、PC2、PC3、PC4、PC5 为控制器(由 PLC 实现)

图 1 焦炉压力控制系统流程图

收稿日期:2013-12-01; 修回日期:2014-02-17。

作者简介: 麦雪凤(1966-), 女, 广西柳州人, 副教授, 主要从事过程控制、智能控制教学及科研工作。

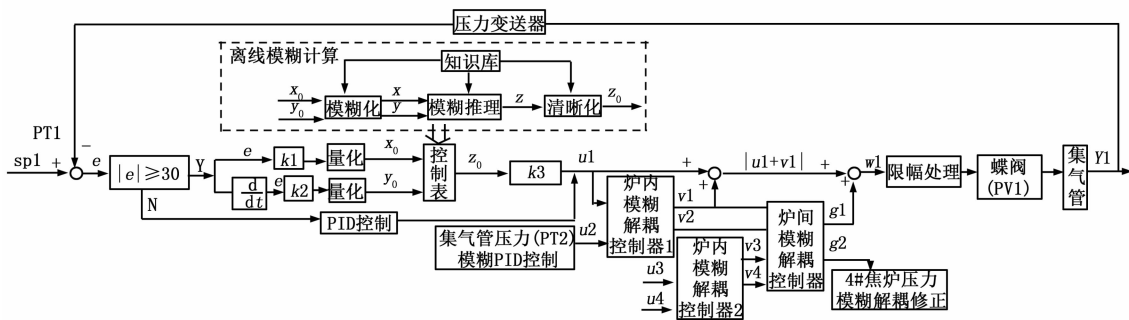


图 2 集气管压力模糊解耦控制系统结构

采用二级串联的模糊解耦分级控制系统如图 2 所示，第一级采用模糊-PID 双模控制实现集气管压力单系统的控制；第二级采用模糊解耦控制方法分别实现炉内、炉间压力的解耦控制。

2 控制原理及应用程序开发

该系统所有硬件设备均已具备，重点是根据模糊控制和解耦控制原理及控制系统结构图 2，用 Step7 软件编写控制程序。

2.1 压力单系统模糊-PID 双模控制

由简单的双输入模糊控制器和 PID 控制器组成压力单系统模糊-PID 双模控制。当偏差 $|e| > 30$ Pa (取 30 Pa 为边界值) 时，利用模糊控制器对系统实现非线性的智能控制，快速抑制超调量；当偏差 $|e| < 30$ Pa 时，利用 PID 控制器克服模糊控制器可能产生的震荡及稳态误差。

1) 计算 $e(k)$ 和 $\Delta e(k)$ 。比较压力测量值 $y(k)$ 与设定值 $r(k)$ 得到偏差 $e(k)$ ，经过计算得到偏差变化率 $\Delta e(k)$ ，求取 $e(k)$ 和 $\Delta e(k)$ 值的程序如图 3 所示，程序运行的结果是 $MD20 = e(k)$ ， $MD24 = e(k-1)$ ，“DATA”.eck = $\Delta e(k)$ 。

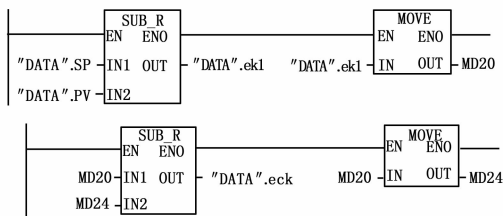


图 3 求取 $e(k)$ 和 $\Delta e(k)$ 的逻辑程序

2) 模糊/PID 控制功能切换。首先编制 $|e| > 30$ Pa 时 M5.0 线圈接通的程序，然后再加上 PID0 的程序段，在 PID0 块的 EN 端串联一个 M5.0 常闭触点 (图 4)；当 $|e| > 30$ Pa 时常闭触点 M5.0 断开，PID0 不运行，转到模糊控制；当 $|e| \leq 30$ Pa 时常闭触点 M5.0 是闭合的，PID0 模块运行进行 PID 控制，PID 控制直接调用 Step7 中的 FB41 连续控制功能块来实现。

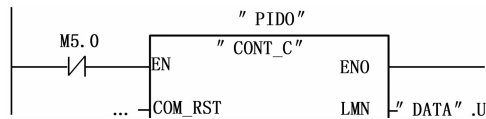


图 4 模糊/PID 控制功能切换程序

3) 模糊控制程序编制。这是模糊-PID 控制程序的关键，其编程思路是： e 和 Δe 首先进行尺度变换和论域变换

(量化)， e 、 Δe 和 u 的变化范围分别取 $[-100 \text{ Pa}, 100 \text{ Pa}]$ 、 $[-10 \text{ Pa}, 10 \text{ Pa}]$ 和 $[0, 100\%]$ ，它们的论域均取为 $[-5, +5]$ ，取区间内的整数值和 0，则尺度变换因子分别为 $k_1 = n/e = 5/100 = 0.05$ ， $k_2 = n/\Delta e = 5/10 = 0.5$ ， $k_3 = u/n = 100/5 = 20$ 。尺度变换公式是 $e^*(k) = k_1 \times e(k)$ ， $\Delta e^*(k) = k_2 \times \Delta e(k)$ ；再对 e^* 、 Δe^* 值分别采用均匀量化处理将其变换到对应的离散论域值 x_0 、 $y_0 \in [-5, +5]$ 。然后将 x_0 、 y_0 信号作为离线模糊计算 (控制表) 的输入，完成模糊推理，通过模糊判决可得输出模糊值 Z_0 ，最后经解模糊化得到输出控制值 u 。

为此创建 3 个自定义功能块 FB2、FB3 和 FC2 并编写相应的程序，其中 FB2 是实现模糊化的功能块，完成对 e 、 Δe 的模糊化；FC2 用来存放控制表并实现模糊推理的功能；FB3 是实现解模糊化的功能块；OB1 主程序块通过调用 FB2、FC2 和 FB3 实现模糊控制算法。控制表需根据输入量化值的不同，预先离线计算好控制量，并存入 PLC，以便实时控制，在线查询，节省计算时间。

模糊控制表的离线计算。离线模糊计算包括模糊化、知识库、模糊推理和清晰化 4 部分。模糊化是将已经变换到论域范围的输入量 x_0 、 y_0 进行模糊处理，使之变成模糊量并用相应的模糊集合来表示，以便进行模糊系统的推理。本设计模糊化运算采用单点模糊集合，则相应的输入量模糊集合 A' 和 B' 分别为： $\mu A'(x) = \begin{cases} 1, & x = x_0 \\ 0, & x \neq x_0 \end{cases}$ ， $\mu B'(y) = \begin{cases} 1, & y = y_0 \\ 0, & y \neq y_0 \end{cases}$ 。

知识库由数据库和模糊控制规则库组成。数据库包括尺度变换参数、模糊空间分割和隶属度函数选择。将 e 、 Δe 和 u 的语言变量 x 、 y 和 z 均分割为 7 个模糊语言，分别为负大 (NB)、负中 (NM)、负小 (NS)、零 (O)、正小 (PS)、正中 (PM)、正大 (PB)，每个模糊语言名称对应一个模糊集合，模糊集合的隶属度函数用数值进行描述，语言变量 x 、 y 、 z 的隶属度函数如表 1 所示。

模糊推理和清晰化。模糊推理是模糊控制器的核心，该推理过程是基于模糊逻辑中的蕴含关系及推理规则来进行的。规则是根据人工控制经验和直觉推理，利用模糊集合理论和语言变量概念归纳提炼而成的^[3]。总结工艺对该压力控制的手动操作经验，如：当压力值过高，且压力值有进一步快速上升的趋势时，应增大其蝶阀开度，可用模糊语句 (R_j : IF $x = PB$ AND $y = PB$ THEN $z = PB$)^[4] 实现这条规则，依据这些语句可以将推理的判断过程转化为对隶属度的合成及演算过程。本设计采用的模糊控制规则如表 2 所示。

表 1 语言变量 x 的隶属度函数

模糊 集合	隶属度										
	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
NB	1.0	0.7	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0
NM	0.2	0.7	1.0	0.7	0.2	0	0	0	0	0	0
NS	0		0.2	0.7	1.0	0.7	0.2	0	0	0	0
0	0	0	0	0.2	0.7	1.0	0.7	0.2	0	0	0
PS	0	0	0	0	0.2	0.7	1.0	0.7	0.2	0	0
PM	0	0	0	0	0	0	0.2	0.7	1.0	0.7	0.2
PB	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.7	1.0

表 2 模糊控制规则表

$\begin{matrix} z \\ \diagdown \\ x \quad \diagup \\ y \end{matrix}$		NB	NM	NS	0	PS	PM	PB
NB		NB	NB	NM	NM	NS	NS	0
NM		NB	NM	NM	NS	NS	0	0
NS		NM	NS	NS	0	0	PS	PS
0		NM	NS	0	0	0	PS	PM
PM		NS	NS	0	0	PS	PS	PM
PS		0	0	PS	PS	PM	PM	PB
PB		0	PS	PS	PM	PM	PM	PB

由于 x 、 y 的模糊分割数均为 7，则规则语句最多可为 $7^2=49$ 条，依次为“ R_1 ：如果 x 是 NB and y 是 NB，则 z 是 NB； $\cdots$ ； R_{49} ：如果 x 是 PB and y 是 PB，则 z 是 PB。对于第 i 条规则“如果 x 是 A_i and y 是 B_i ，则 z 是 C_i ”(A_i 、 B_i 和 C_i 分别是语言变量 x 、 y 和 z 在其论域 X 、 Y 、 Z 上的语言变量值) 的模糊蕴含关系， R_i 定义为：

$$R_i = (A_i \text{ and } B_i) \rightarrow C_i, i = 1, 2, \cdots, 7$$

则所有规则的总模糊蕴含关系为 R 。根据模糊推理的方法与性质，and 用求交法，also 用求并法，合成用最大—最小法，模糊蕴含用求交法，可以求得输出量的模糊集合 C' 为：

$$C' = (A' \times B') \circ R = (A' \times B') \circ \bigcup_{i=1}^{49} R_i = \bigcup_{i=1}^{49} (A' \times B') \circ [(A_i \times B_i) \rightarrow C_i] = \bigcup_{i=1}^{49} [A' \circ (A_i \rightarrow C_i)] \cap [B' \circ (B_i \rightarrow C_i)] = \bigcup_{i=1}^{49} C' i A \cap C' i B = \bigcup_{i=1}^{49} C' i$$

据此计算出 x_0 、 y_0 为某个输入组合时，分别在不同规则下的 $C1'$ 、 $C2'$ 、 $\cdots$ 、 $C49'$ ，进而得出模糊集合 C' ，再用最大隶属度法进行清晰化计算，将模糊推理得到的模糊控制量变换为清晰量 Z_0 。按照同样的步骤，可以计算出当 x_0 、 y_0 为其他组合时的输出量 Z_0 ，最后列出如表 3 所示的实际查询的控制表。

在线查询。将表 3 中的模糊论域元素 $[-5, 5]$ 转换为 $[0, 10]$ 以便于寻址查询，然后采用基址+变址的寻址方式将 z_0 的 121 个控制结果按从左至右、从上到下的顺序逐个填入 PLC 的数据寄存区 MW0~MW240 中，控制量的基址为 0，其偏移地址为 $[x_0 \times 22 + y_0 \times 2 + 0]$ ，这样通过在线查询即可由

离散论域值 x_0 、 y_0 得输出模糊值 Z_0 ，再经解模糊化得 u (用线性变换 $u=k_3 \times Z_0$)。

表 3 模糊控制查询表

$\begin{matrix} Z_0 \\ \diagdown \\ x_0 \quad \diagup \\ y_0 \end{matrix}$		-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
-5		-5	-5	-4	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0
-4		-5	-4	-3	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0
-3		-4	-3	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0	0
-2		-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	0	0	0	1
-1		-2	-2	-2	-1	-1	0	0	0	0	1	1
0		-2	-2	-1	-1	0	0	0	1	1	2	2
1		-1	-1	0	0	0	0	1	1	2	2	2
2		-1	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3
3		0	0	0	1	1	2	2	3	3	3	4
4		0	0	1	1	2	2	3	3	3	4	5
5		0	0	1	1	2	2	3	3	4	5	5

2.2 炉内和炉间模糊解耦控制

在初冷器前吸力不变的情况下，任一焦炉压力的波动，都会影响其它压力的稳定，即压力之间存在相互耦合影响关系，为了保证集气管压力稳定，必须进行解耦。由于模糊解耦具有不需要精确数学模型等特点，采用模糊解耦控制算法来对压力进行解耦。

通过对焦炉生产采集的集气管压力数据进行耦合度分析，为了降低模糊控制器的输入个数和简化运算，炉内和炉间模糊解耦控制器均采用 2 输入 2 输出的模糊控制器。将每座焦炉作为 1 个炉内耦合组，构成 2 个炉内模糊解耦控制器；将 2 座焦炉之间作为炉间耦合组，构成 1 个炉间模糊解耦控制器。如图 2 所示，4 个压力单系统模糊—PID 双模控制的输出分别为 $u1$ 、 $u2$ 、 $u3$ 、 $u4$ ，其中 $u1$ 、 $u2$ 作为炉内模糊解耦控制器 1 的输入，其输出是控制增量的修正量 $v1$ 、 $v2$ 。 $u3$ 、 $u4$ 作为炉内模糊解耦控制器 2 的输入，其输出是 $v3$ 、 $v4$ 。再取 $(v1+v2)/2$ 、 $(v3+v4)/2$ 作为炉间模糊解耦控制器的输入，输出是控制增量的修正量 $g1$ 、 $g2$ 。下面以炉内模糊解耦控制器 1 为例介绍其实现方法。

炉内模糊解耦控制器的模糊关系根据其耦合性较强的特点， $u1$ 、 $v1$ 的论域均取为 $[-3, +3]$ ，取区间内的整数值和 0。 $u1$ 、 $v1$ 的语言变量均分割为 7 个模糊语言，分别为 Ci 、 Di ($i=1, 2, \cdots, 7$)，其含义分别为负大 (NB)、负中 (NM)、负小 (NS)、零 (0)、正小 (PS)、正中 (PM)、正大 (PB)。 Ci 、 Di 分别是论域 $u1$ 、 $v1$ 上的模糊集，其隶属度函数均选取三角形函数。

根据焦炉集气管压力炉内耦合关系，运用相关性分析法确定其模糊解耦控制规则，采用 IF—THEN 的形式。如：当 1 段集气管压力较大，2 段集气管压力较小时，1 段集气管煤气会流向 2 段集气管，导致 1 段集气管压力下降，2 段集气管压力上升，所以 1 段集气管的蝶阀开度要相应减小，2 段集气管的蝶阀开度要相应增加。即在 $u1$ 的基础上加上一个小于零的修正量 $v1$ ，在 $u2$ 的基础上加上一个大于零的修正量 $v2$ 。表 4 为其控制规则表。

表 4 炉内模糊解耦控制规则表

IF	C_7	C_6	C_5	C_4	C_3	C_2	C_1
THEN	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7

则输入变量 u_1 到控制输出 v_1 的模糊关系 R_{11} 为^[5]:

$$R_{11} = C_7 \times D_1 \cup C_6 \times D_2 \cup C_5 \times D_3 \cup C_4 \times D_4 \cup C_3 \times D_5 \cup C_2 \times D_6 \cup C_1 \times D_7$$

根据同样方法可求出模糊解耦控制器中的 R_{21} 、 R_{12} 、 R_{22} ; 然后根据下面 2 个公式分别求出 v_1 、 v_2 :

$$v_1 = u_1 \circ R_{11} \wedge u_2 \circ R_{21}$$

$$v_2 = u_1 \circ R_{12} \wedge u_2 \circ R_{22}$$

炉间模糊解耦控制器的模糊关系根据其耦合较弱的特点, 其输入论域选取为 $[-2, +2]$, 隶属度函数选取精度较低的梯形函数。

为此创建 2 个自定义功能块 FC3、FC4 并编写相应的程序, 其中 FC3 是实现炉内模糊解耦控制的功能块, FC4 是实现炉间模糊解耦控制的功能块。经修正后 4 个集气管压力的实际控制输出分别为: $w_1 = u_1 + v_1 + g_1$ 、 $w_2 = u_2 + v_2 + g_1$ 、 $w_3 = u_3 + v_3 + g_2$ 、 $w_4 = u_4 + v_4 + g_2$, 最终输出需用运算块转换为 $0 \sim 27\,648$ 的数字量, 再经限幅处理后, 由 PLC 的 AO 模块转换为 $4 \sim 20$ mA 信号送至蝶阀, 进而控制集气管压力。在此, 通过采用炉内、炉间模糊解耦控制器使修正量 v_1 、 v_2 、 g_1 、 g_2 随着耦合程度变化不断修正, 较好解除了集气管压力的耦合关系, 保证了集气管压力的稳定。

为了保证蝶阀开度处于 $12\% \sim 92\%$ 之间, 防止蝶阀可能运行在全开或接近全开的非线性饱和和工作状态, 使系统暂时失控; 或系统运行中阀门经常处于小开度的工作状态, 使调节不灵敏^[6], 在编程时设计如下限幅处理规则:

P_1 IF 阀位反馈值 $\geq 92\%$, 且控制量 $w \geq 25\,436$ (约 90% 开度对应的数字量), 则取 $w = 25\,436$;

P_2 IF 阀位反馈值 $\leq 12\%$, 且控制量 $w \leq 3\,317$ (约 10% 开度对应的数字量), 则取 $w = 3\,317$ 。

3 监控界面

3.1 通信设置

在监控界面的设计中, WinCC 使用 SIMATIC NET 工业以太网, 通过安装在 PC 机上的 CP1613 通讯卡与 S7-300 PLC 进行通讯, 使用的通讯协议为 ISO 传输层协议^[7]。通信设置如下:

1) 在西门子 Step7 软件中进行硬件组态, 插入 SIMATIC 300 站, 然后在 SIMATIC 300 站下的 Hardware 中按已有 S7-300 硬件完成 PLC 硬件组态, 其中 CP443-1 属性“General”中, “Properties”用 MAC 地址; 在 Profibus-DP 总线上插入从站 ET200M 并设置地址, 完成后存盘编译。

2) 设置 PG/PC 通讯接口, 在工具栏 options 下拉菜单选择 Set PG/PC Interface, 在其中选择西门子工业以太网 ISO Ind. Ethernet。

3) 在安装 CP1613 网卡的 PC 机上, 在 WinCC explorer 的 Tag management 下添加驱动程序 SIMATIC S7 Protocol Suite, 在通道单元 Industrial Ethernet (工业以太网) 的快捷菜单中选择“新驱动程序连接”, 设名称为“PLC”、并设置“连接属性”等。

3.2 界面

建立 WinCC 变量与 Step7 变量之间的数据交换链接。即

根据控制策略组态的需要在 WinCC 新驱动程序连接“PLC”中定义与 PLC 相连的变量名及类型, 如 3# 焦炉 1 段集气管压力测量值在 WinCC 中定义的变量名为 PV1, 数据类型为 32 位浮点数, 地址为 DB2.DD0, 其它的变量包括: 另外 3 个压力测量值, 4 个压力设定值, 初冷器前吸力的测量值和设定值, 压力偏差与偏差变化率, 蝶阀控制信号及阀位反馈值等参数的显示, 模糊-PID 控制状态监控等都要一一建立链接关系。

根据工艺过程设计操作监控界面, 界面包括: 工艺流程、趋势曲线、PID 回路调节面板、参数显示等。系统运行后可完成各种参数的显示, 控制回路的调节, 压力和吸力给定值的设定, PID 参数的整定等。

4 系统运行调试

系统设计完成后下载 Step7 程序至 CPU 运行, 在 WinCC 监控界面记录系统运行曲线。开始投运 e 很大采用模糊控制, 当系统趋于稳定并使 $|e| < 30$ Pa 时进入 PID 控制, 再经过模糊解耦控制后典型的运行曲线如图 4 和图 5 所示。3# 焦炉 2 段集气管压力的变化曲线如图 4 所示, 压力设定值为 150 Pa, 当 PID 调节器参数约设为 $P=3$ 、 $I=14\,000$ ms、 $D=0$ 时, 可获得较满意的控制效果, 运行过程大约有 82% 的采样点压力在 150 ± 20 Pa 范围内。4# 焦炉 2 段集气管压力的变化曲线如图 5 所示, 压力设定值也为 150 Pa, 当 PID 调节器参数约设为 $P=4$ 、 $I=15\,000$ ms、 $D=0$ 时, 可获得较满意的控制效果, 运行过程大约有 85% 采样点压力在 150 ± 20 Pa 范围内。

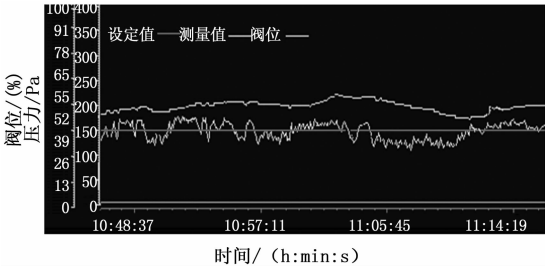


图 4 3# 焦炉 2 段压力运行曲线

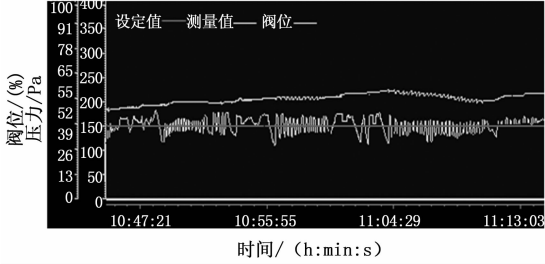


图 5 4# 焦炉 2 段压力运行曲线

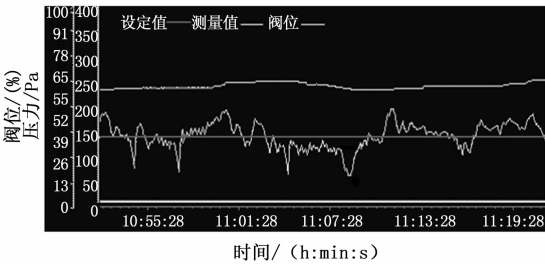


图 6 PID 控制 3# 焦炉 2 段压力运行曲线

为了分析比较,对建立的控制系统模型分别用 PID、BP 神经网络 PID、共轭斜量法改进的 LMBP 神经网络 PID 进行模拟仿真,观察系统响应,比较控制效果。从图 4 可以看出 PID 控制器超调量为 1.75 左右,调节时间为 20 s,有很小的一点稳态误差。从图 5 看出 BP 神经网络 PID 超调量为 1.7 左右,调节时间 12 s。从图 6 看出改进的 LMBP 神经网络 PID 控制器超调约为 1.35,调节时间为 8 s。

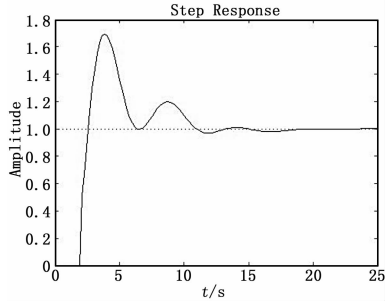


图 4 PID 控制仿真图

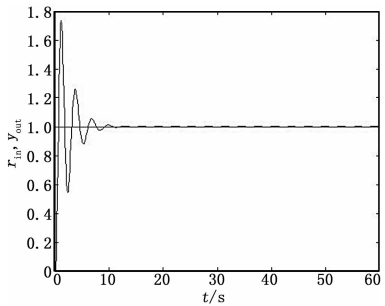


图 5 BP 神经网络 PID 控制仿真

4 结语

本文通过对 LMBP 算法的进一步深入研究,用共轭斜量法对 LM 算法进行优化,并将这种改进算法的神经网络控制器

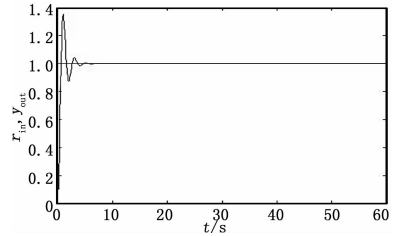


图 6 改进的 LMBP 神经网络 PID 控制仿真

运用到地源热泵冷冻水控制回路中。仿真结果表明,该改进的 LMBP 神经网络的 PID 控制器与 BP 神经网络 PID 控制和 PID 控制器相比,有较小的振荡幅度和更短的调节时间。将其应用于地源热泵冷冻水循环泵系统中会有更好的控制效果,大大改善其稳态和动态的性能,达到了节能的效果。

参考文献:

[1] 黄金燕,葛化敏,唐明军.基于 BP 神经网络的 PID 控制方法的研究[J].微计算机信息,2006,22(26):278-280.
[2] 史春朝,张国山.基于改进 BP 神经网络的 PID 控制方法研究[J].计算机仿真,2006,23(12):156-159.
[3] 赵亚梅,杨建国,李蓓智.基于神经网络预测模型输入参数配置方法的实现[J].计算机测量与控制,2005,13(9):929-931.
[4] 肖向阳.地源热泵中央空调节能控制系统研究[D].长沙:湖南师范大学,2010.
[5] 赵卫华.基于神经网络参数优化的 PID 控制器的研究[D].太原:中北大学,2008.
[6] 蔡正国,屈梁生.共轭梯度神经网络的研究[J].西安交通大学学报,1995,29(8):72-76.
[7] 罗坚.地源热泵中央空调运行优化控制系统设计[D].长沙:湖南大学,2010.
[8] 刘钢,焦阳,贾书洪.模糊 PID 控制在中央空调变流量节能中的应用[J].电力电子技术,2007,41(11):66-67.
[9] 张德丰.MATLAB 神经网络仿真与应用[M].北京:电子工业出版社,2009.

(上接第 2434 页)

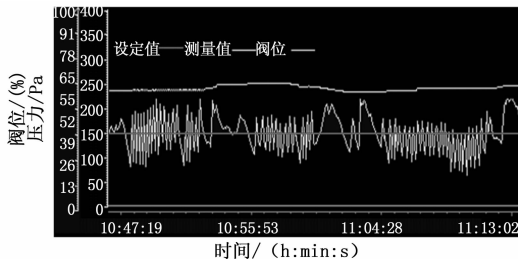


图 7 PID 控制 4# 集炉 2 段压力运行曲线

而原有采用常规 PID 对上述两个压力进行控制时的曲线如图 6 和图 7,集气管压力在 70~220 Pa 范围波动,不能满足工艺要求的 150±20 Pa 范围。

通过比较可见,该控制系统有效解决了集气管压力多扰动、强耦合的非线性问题,在控制精度、抗干扰能力等方面均

优于常规 PID 控制。该控制系统保证了生产的顺利进行,达到了提高效率、稳定炉况、节能减排的目的,具有推广价值。

参考文献:

[1] 俞金寿,蒋慰孙.过程控制过程(第三版)[M].北京:电子工业出版社,2007.
[2] 何成燕,等.集气管压力自适应模糊解耦控制系统的设计[J].计算机测量与控制,2006,14(11):1477-1479.
[3] 刘宝坤.计算机过程控制系统[M].北京:机械工业出版社,2000.
[4] 刘金琨.智能控制[M].北京:电子工业出版社,2005.
[5] 吴敏,等.多座不对称焦炉集气管压力模糊解耦控制[J].广州:控制理论与应用,2010,27(1):94-98.
[6] 邵裕森,戴先中.过程控制工程[M].北京:机械工业出版社,2003.
[7] 西门子自动化与驱动集团.深入浅出西门子 WinCC V6(第二版)[M].北京:北京航空航天大学出版社,2005.