

电弧炉电极调节系统的参数辨识算法

顾兴源 鲍玉安 郎自强

(东北工学院自动控制系统, 沈阳)

摘要 本文对电弧炉电极调节系统的动态模型提出了两种考虑死区非线性问题的参数辨识算法。仿真实验与现场辨识都证实了所提算法的有效性。

关键词: 电弧炉, 电极调节系统, 参数辨识, 伪随机二位序列

1 前言

电弧炉是以电能为热源冶炼钢和合金的设备。电极调节系统是整个电弧炉系统中的一个重要部分, 其工作效果好坏直接影响着钢水质量和用电单耗。

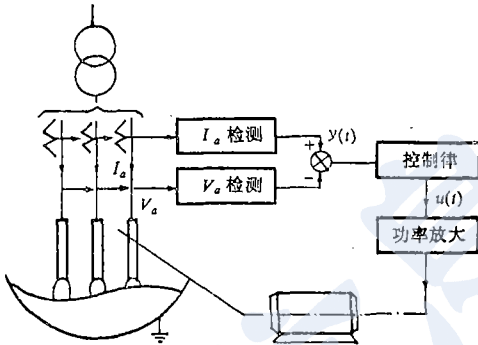


图1 电弧炉电极调节系统示意图

I_a : 电弧电流

V_a : 变压器二次相电压

$y(t)$: 电极调节系统的输出 (偏差信号)

$u(t)$: 电极调节系统的控制作用

对电弧炉电极调节系统进行参数辨识, 国内外学者已经做了许多工作^[1,2,3]。〔1〕中提出了一种用广义最小二乘法辨识电弧炉电极调节系统的方案, 但实施这一方案, 不能在生产过程中进行, 必须对电极调节系统做专门的实验。〔2〕中选择极大似然法来进行电弧炉电极调节系统的参数估计, 从而使辨识过程受噪声的影响较小。〔1〕,〔2〕中所采用方法的共同缺点是没有考虑死区非线性问题。但这个问题是客观存在的, 我们发现在某些生产现场, 电弧炉电极系统的动作死区甚至达到控制信号最大值的10%左右。因此在对电弧炉电极调节系统进行参数辨识时, 把死区非线性参数包括在内

是十分必要的。〔3〕中实测了死区非线性的静态参数, 得到了一个电弧炉电极调节系统的连续时间数学模型。这种方法的不足之处是须做专门的实验, 并且计算量大, 所得连续时间模型不能直接用于计算机控制。

本文提出的电弧炉电极调节系统参数辨识算法包括了对死区非线性参数的辨识, 辨识数据可在电弧炉炼钢过程中采集; 算法对环境噪声有较强的适应性; 所得离散时间数学模型可以直接用于计算机控制。

2 电弧炉电极调节系统的描述

图2为电弧炉电极调节系统采用阻抗控制原则时的框图^[6]。以此为基础, 可得到考虑了扰动的电极调节系统处于平衡状态附近时

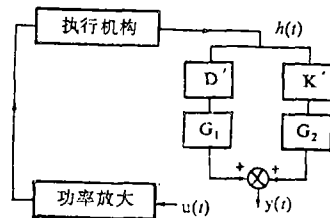


图2 电弧炉电极调节系统框图

D', K' : 分别是体现电弧炉中电弧特性的电弧放电系数和电弧增益

$h(t)$: 电极位置的变化

G_1, G_2 : 相应的传递系数

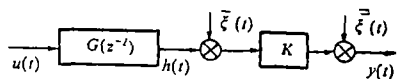


图3 系统原理框图

收到本文的时间是1987年5月11日。

的框图图 3^[7]。所谓平衡状态是指电极调节系统的输出即偏差为零时的系统状态。电弧炉冶炼过程中在精炼期炉况比较稳定,对电极调节过程的干扰相对来说要小一些,这时电极调节系统可认为处于平衡状态附近。图 3 中 $K = D'G_1 + K'G_2$ 是体现电弧特性的参数, $\xi(t)$ 为炉况对弧长的干扰, $\bar{\xi}(t)$ 为噪声对输出的干扰, $G(z^{-1})$ 是代表系统中功率放大和执行机构两个环节的传递函数。

图 3 可进一步由图 4 所示的原理图表示。

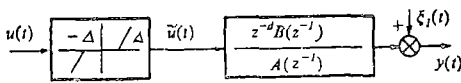


图 4 系统原理图

图 4 中

$$A(z^{-1}) = 1 + a_1 z^{-1} + \dots + a_n z^{-n}$$

$$B(z^{-1}) = b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_m z^{-m}$$

$$\xi_1(t) = K\bar{\xi}(t) + \xi(t)$$

z^{-1} 为向后移位算符, t 为离散时间, $d \geq 1$ 为正整数, Δ 为体现该系统执行机构死区非线性特性的死区参数。从图 4 可以得出系统模型的差分方程形式为

$$A(z^{-1})y(t) = z^{-d}B(z^{-1})\tilde{u}(t) + A(z^{-1})\xi_1(t) \quad (2-1)$$

其中

$$\tilde{u}(t) = \begin{cases} u(t) - \Delta \text{sgn}[u(t)], & |u(t)| \geq \Delta \\ 0, & |u(t)| < \Delta \end{cases} \quad (2-2)$$

(2-2) 中, $\text{sgn}[u(t)]$ 表示 $u(t)$ 的符号。

(2-1) 即为本文考虑的电弧炉电极调节系统的模型结构。下面提出的辨识算法中假设 d, m 和 n 已知, $\xi_1(t)$ 为零均值噪声序列, $A(z^{-1})$ 在单位圆外无零点, 并且 $|u(t)| \geq \Delta$ 为某种伪随机二位序列 (PRBS)。

3 电弧炉电极调节系统的参数辨识算法

因 $|u(t)| \geq \Delta$, 故 (2-1) 可写成

$$A(z^{-1})y(t) = z^{-d}B(z^{-1})u(t) - z^{-d}\Delta B(z^{-1})\text{sgn}[u(t)] + A(z^{-1})\xi_1(t) \quad (3-1)$$

可以看出 (3-1) 与一般 CARMA 模型不完全

相同。首先是存在死区非线性, 其次是含特殊形式的相关噪声项。在这种情况下, 如果直接应用经典的伪随机二位序列 (PRBS) 作为输入, 对 (3-1) 中的参数进行最小二乘递推辨识, 则在最小二乘解的存在性及参数辨识结果的渐近无偏性等方面都会出现问题。

3.1 辨识算法 I

3.1.1 参数辨识的递推算法

若以 (3-1) 为辨识模型, 对多项式 $A(z^{-1}), B(z^{-1})$, 和 $\Delta B(z^{-1})$ 的系数进行辨识计算, 因存在相关噪声, 故利用最小二乘法将无法得到具有良好性质 (渐近无偏性) 的结果。值得指出的是通常在这种情况下普遍采用的推广最小二乘法由于噪声项具有特殊的形式, 因而也不适用。因为电极调节系统中的控制作用 $u(t)$ 是电信号, 与其对应的是电极位置的变化, 所以系统的开环传递函数中包含有积分环节, 即多项式 $A(z^{-1})$ 中含有因子 $(1-z^{-1})$ 。这样若把 (3-1) 的噪声项写成白噪声的滑动和, 即

$$A(z^{-1})\xi_1(t) = C(z^{-1})\xi'(t) \quad (3-2)$$

其中 $\xi'(t)$ 为零均值白噪声, 那么 $C(z^{-1})$ 中必然也包含有 $(1-z^{-1})$ 因子, 这就导致了 $1/C(z^{-1}) - (1/2)$ 不能满足严格正实条件, 因而采用推广的最小二乘法其收敛性将得不到保证^[8]。

偏差补偿最小二乘法 (BCLS)^[4] 对噪声要求不严, 且允许较高的噪信比, 故利用它的递推形式进行电弧炉电极调节系统参数的辨识计算比较合适。

按 BCLS, 将 (3-1) 写成

$$A(z^{-1})y(t) = z^{-d}\bar{B}(z^{-1})\bar{u}(t) + z^{-d}H(z^{-1})\text{sgn}[u(t)] + \xi(t) \quad (3-3)$$

其中

$$\xi(t) = A(z^{-1})\xi_1(t) \quad (3-4)$$

$$H(z^{-1}) = -\Delta B(z^{-1}) = h_0 + h_1 z^{-1} + \dots + h_m z^{-m} \quad (3-5)$$

$$\bar{u}(t) = u(t)/L(z^{-1}) \quad (3-6)$$

$$\bar{B}(z^{-1}) = B(z^{-1})L(z^{-1}) = \bar{b}_0 + \bar{b}_1 z^{-1} + \dots + \bar{b}_{m+n} z^{-(m+n)} \quad (3-7)$$

(3-6), (3-7) 中 $L(z^{-1})$ 为已知多项式, 其形式为

$$L(z^{-1}) = (1 - a_1 z^{-1}) \cdots (1 - a_n z^{-1}) = 1 + l_1 z^{-1} + \cdots + l_n z^{-n} \quad (3-8)$$

$$|a_i| \leq 1, \quad i = 1, \dots, n, \quad a_i \neq a_j, \quad i \neq j$$

(3-3) 可进一步表示成

$$y(t) = \varphi^T(t)\theta + \xi(t) \quad (3-9)$$

其中

$$\begin{aligned} \varphi^T(t) &= [y(t-1), y(t-2), \dots, y(t-n), \\ &\quad \bar{u}(t-d), \dots, \bar{u}(t-d-m-n), \\ &\quad \text{sgn}[u(t-d)], \dots, \text{sgn}[u(t-d-m)]] \\ \theta^T &= [-a_1, \dots, -a_n, \bar{b}_0, \dots, \bar{b}_{m+n}, \\ &\quad h_0, \dots, h_m] \end{aligned}$$

令

$$\begin{aligned} \Phi^T(t) &= [\varphi(1), \dots, \varphi(t)] \\ Y^T(t) &= [y(1), \dots, y(t)] \\ \Theta^T(t) &= [\xi(1), \dots, \xi(t)] \end{aligned}$$

则有

$$Y(t) = \Phi(t)\theta + \Theta(t) \quad (3-10)$$

在 $u(t)$ 能够保证矩阵 $\Phi^T(t)\Phi(t)$ 非奇异的前提下, 有 θ 的最小二乘估计值为

$$\hat{\theta}_t = [\Phi^T(t)\Phi(t)]^{-1}\Phi^T(t)Y(t) \quad (3-11)$$

根据BCLS算法, 知 θ 的渐近无偏估计结果为

$$\hat{\theta}_t^* = [I - P(t)Q(h^T P(t)Q)]^{-1}h^T \hat{\theta}_t \quad (3-12)$$

其中

$$P(t) = [\Phi^T(t)\Phi(t)]^{-1} \quad (3-13)$$

$$Q = \left[\begin{array}{c} I_n \\ 0 \end{array} \right] \}_{2n+2m+2} \quad (3-14)$$

$$h^T = \left[\begin{array}{cccc} \overbrace{0 \cdots 0}^n & 1 & \overbrace{a_1^{-1} \cdots a_1^{-1}}^{(m+n)} & \overbrace{0 \cdots 0}^{m+1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 1 & \overbrace{a_n^{-1} \cdots a_n^{-1}}^{(m+n)} & 0 \cdots 0 \end{array} \right] \quad (3-15)$$

以 (3-11), (3-12) 为基础, 考虑到 (3-7), (3-5), 参数辨识的递推算法的基本步骤可总结如下:

(1) 由一般最小二乘递推估计算法求得 $P(t)$ 和 $\hat{\theta}_t$ 。

(2) 由 (3-12) 求得 θ 的渐近无偏估计结果 $\hat{\theta}_t^*$ 。

(3) 利用 $\bar{B}(z^{-1}) = B(z^{-1})L(z^{-1})$ 的关系求出多项式 $B(z^{-1})$ 系数的渐近无偏估计值。

(4) 根据 $H(z^{-1}) = -\Delta B(z^{-1})$ 的关系, 求出死区参数 Δ 的渐近无偏估计值

$$\hat{\Delta}_t^* = -\frac{1}{m+1} \sum_{j=0}^m \hat{h}_j^* / \hat{b}_j^* \quad (3-16)$$

其中 $\hat{h}_j^*, \hat{b}_j^*, j = 0, \dots, m$, 分别为从第(2)步和第(3)步得到的多项式 $H(z^{-1})$ 和 $B(z^{-1})$ 系数的渐近无偏估计值。

3.1.2 变幅值伪随机二位序列

要实现上述递推辨识算法, 一个前提条件是 $u(t)$ 必须能够保证矩阵 $\Phi^T(t)\Phi(t)$ 是非奇异的。但是由于这里涉及死区非线性参数 Δ 的辨识问题, 数据向量 $\varphi(t)$ 中存在函数 $\text{sgn}[u(t)]$, 因此若 $u(t)$ 采用一般经典的伪随机二位序列 (PRBS), 这一条件将得不到满足。下面对这一现象做一下必要的分析。

若用经典的PRBS激励系统, 其幅值为 D , 并且以 (3-3) 为辨识模型进行最小二乘辨识计算, 则

$$\begin{aligned} \Phi^T(t)\Phi(t) &= [\varphi(1), \dots, \varphi(t)] \begin{bmatrix} \varphi^T(1) \\ \vdots \\ \varphi^T(t) \end{bmatrix} \\ &= \left[\begin{array}{c} \sum_{i=1}^t \varphi(i)y(i-1), \dots, \\ \sum_{i=1}^t \varphi(i)y(i-n), \\ \sum_{i=1}^t \varphi(i)\bar{u}(i-d), \dots, \\ \sum_{i=1}^t \varphi(i)\bar{u}(i-d-m-n), \\ \sum_{i=1}^t \varphi(i)\text{sgn}[u(i-d)], \dots, \\ \sum_{i=1}^t \varphi(i)\text{sgn}[u(i-d-m)] \end{array} \right] \end{aligned} \quad (3-17)$$

可见, 这一矩阵的第 $n+1-2n+m+1$ 列和第 $2n+m+2-2m+2n+2$ 列分别为

$$C_1(j) = \sum_{i=1}^l \varphi(i) \bar{u}(i-d-j), j=0, \dots, m, m+1, \dots, m+n \quad (3-18)$$

和

$$C_2(j) = \sum_{i=1}^l \varphi(i) \text{sgn}[u(i-d-j)], j=0, 1, \dots, m \quad (3-19)$$

因为

$$\begin{aligned} \text{sgn}[u(t)] &= u(t)/D = L(z^{-1})\bar{u}(t)/D \\ &= [\bar{u}(t) + l_1 \bar{u}(t-1) + \dots \\ &\quad + l_n \bar{u}(t-n)]/D \end{aligned} \quad (3-20)$$

故由 (3-18) ~ (3-20) 知

$$C_2(j) = [C_1(j) + l_1 C_1(j+1) + \dots + l_n C_1(j+n)]/D, j=0, 1, \dots, m \quad (3-21)$$

(3-21) 说明, 矩阵 $\Phi^T(t)\Phi(t)$ 中的两组列向量 $C_1(j), j=0, \dots, m+n$ 和 $C_2(j), j=0, \dots, m$ 是线性相关的, 因而这时 $\Phi^T(t)\Phi(t)$ 是奇异矩阵。

为解决这一问题, 在这里我们提出一种称为变幅值 PRBS 的激励信号。变幅值 PRBS 也是一种具有固定周期的伪随机信号, 它的每个周期内包括有若干子周期, 各子周期都是同样长度的 PRBS, 不同的子周期内信号的幅值不等。比如一个周期为 N 的变幅值 PRBS, 子周期长度为 N' (7, 15, 31, ...), 共有 M 个不同的幅值, 则 $N = N'M$ 。图 5 所示的是一种 $N = 30, M = 2, N' = 15$ 的变幅值 PRBS。

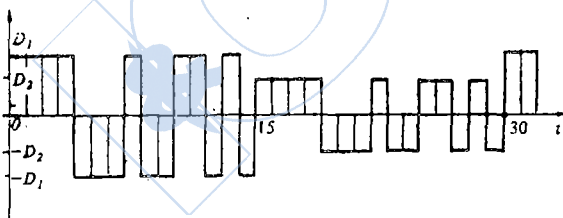


图 5 变幅值伪随机二位序列

如果用变幅值 PRBS 激励系统, 采用上述递推辨识算法对系统 (2-1) 的参数进行辨识, 在 $t > N'$ 后, (3-21) 将不再成立, 这样辨识算法就可以正常发挥作用了。

3.2 辨识算法 II

辨识算法 I 中参数向量是 $2(n+m+1)$ 维的, 从而每次辨识计算涉及的参数较多, 本节的目的探求减少辨识计算中涉及的参数个数的途径。

设 $u(t)$ 为经典的 PRBS, $|u(t)| = D \geq \Delta$, 那么考虑到 (3-4), (3-1) 可写成

$$A(z^{-1})y(t) = z^{-d}B(z^{-1})(1 - \Delta/D)u(t) + \xi(t) \quad (3-22)$$

假设 $\xi(t)$ 是各态历经的平稳的零均值噪声序列, 那么以 (3-22) 为辨识模型用 BCLS 算法就可获得 $A(z^{-1})$ 和 $(1 - \Delta/D)B(z^{-1})$ 两个多项式系数的渐近无偏估计 $\hat{a}_{i,t}^*$, $i=1, \dots, n$, 和 $(1 - \Delta/D)\hat{b}_{j,t}^*$, $j=0, \dots, m$ 。

注意到 (3-1) 还可写成

$$A(z^{-1})y(t) = z^{-d}B(z^{-1})u(t) + \xi_2(t) \quad (3-23)$$

其中

$$\xi_2(t) = \xi(t) - z^{-d}(\Delta/D)B(z^{-1})u(t) \quad (3-24)$$

以 (3-23) 为辨识模型, 用 BCLS 算法辨识 $A(z^{-1}), B(z^{-1})$ 的系数, 并设辨识结果为 $\hat{a}_{i,t}, i=1, \dots, n, \hat{b}_{j,t}, j=0, \dots, m$, 那么由于分别用 (3-22), (3-23) 作辨识模型, 由 BCLS 进行参数辨识时, 若所用的多项式 $l(z^{-1})$ 相同, 则不仅辨识计算时采用的公式相同, 连数据也是相同的, 所以必有等式

$$\hat{a}_{i,t}^* = \hat{a}_{i,t}, i=1, \dots, n \quad (3-25)$$

$$(1 - \Delta/D)\hat{b}_{j,t}^* = \hat{b}_{j,t}, j=0, \dots, m \quad (3-26)$$

成立。(3-25), (3-26) 是推导辨识算法 II 所依据的两个基本关系式。

因为上标 “*” 表示渐近无偏估计结果, 故由 (3-25), (3-26) 有

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \hat{a}_{i,t}^* = a_i, \text{ a.s. } i=1, \dots, n \quad (3-27)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \hat{b}_{j,t}^* = (1 - \Delta/D)b_j, \text{ a.s. } j=0, \dots, m \quad (3-28)$$

这样, 若分别用幅值为 D_1 和 D_2 ($D_1 \neq D_2$) 的经典 PRBS 作为 $u(t)$, 用 BCLS 以 (3-23) 为辨识

模型进行两次辨识计算, 与 D_1 对应的结果为 \hat{a}_i^1 和 \hat{b}_i^1 , 与 D_2 对应的结果为 \hat{a}_i^2 和 \hat{b}_i^2 , 则根据 (3-27), (3-28) 有

$$\lim_{i \rightarrow \infty} \hat{a}_i^1 = a_i \quad \text{a.s.}, \quad i = 1, \dots, n$$

$$\lim_{i \rightarrow \infty} \hat{a}_i^2 = a_i \quad \text{a.s.}, \quad i = 1, \dots, n \quad (3-29)$$

$$\lim_{i \rightarrow \infty} \hat{b}_i^1 = (1 - \Delta/D_1)b_j \quad \text{a.s.}, \quad j = 0, \dots, m \quad (3-30)$$

$$\lim_{i \rightarrow \infty} \hat{b}_i^2 = (1 - \Delta/D_2)b_j \quad \text{a.s.}, \quad j = 0, \dots, m \quad (3-31)$$

从 (3-30) 和 (3-31) 可得出

$$b_j = [D_1 \lim_{i \rightarrow \infty} \hat{b}_i^1 - D_2 \lim_{i \rightarrow \infty} \hat{b}_i^2] / (D_1 - D_2) \quad \text{a.s.}, \quad j = 0, \dots, m \quad (3-32)$$

$$\Delta = [\lim_{i \rightarrow \infty} \hat{b}_i^1 - \lim_{i \rightarrow \infty} \hat{b}_i^2] / [\lim_{i \rightarrow \infty} \hat{b}_i^1 / D_2 - \lim_{i \rightarrow \infty} \hat{b}_i^2 / D_1] \quad \text{a.s.}, \quad j = 0, \dots, m \quad (3-33)$$

根据 (3-29), (3-32) 和 (3-33), 给出系统 (2-1) 参数辨识算法 II 如下

$$\bar{a}_i^* = \frac{1}{2} [\hat{a}_i^1 + \hat{a}_i^2], \quad i = 1, \dots, n \quad (3-34)$$

$$\bar{b}_j^* = [D_1 \hat{b}_j^1 - D_2 \hat{b}_j^2] / (D_1 - D_2) \quad j = 0, \dots, m \quad (3-35)$$

$$\bar{\Delta}^* = \frac{1}{m+1} \sum_{i=0}^m [\hat{b}_i^1 - \hat{b}_i^2] / [\hat{b}_i^1 / D_2 - \hat{b}_i^2 / D_1] \quad (3-36)$$

由于辨识算法 II 是以 (3-23) 为辨识模型, 利用 BCLS 进行参数辨识计算的, 因而每次辨识计算所涉及的参数个数为 $2n+m+1$, 比算法 I 少了 $m+1$ 个。

4 仿真结果

例 1 对辨识算法 I 的仿真。系统模型为

$$y(t) - 1.8y(t-1) + 0.8y(t-2) = 4\tilde{u}(t-1) - 14\tilde{u}(t-2) + 12\tilde{u}(t-3) + \xi_1(t) - 1.8\xi_1(t-1) + 0.8\xi_1(t-2)$$

其中

$$\tilde{u}(t) = \begin{cases} u(t) - \text{sgn}[u(t)], & |u(t)| \geq 1 \\ 0, & |u(t)| < 1 \end{cases}$$

$\xi_1(t)$ 是方差为 1 的零均值白噪声序列, $u(t)$ 为 $N=30, M=2$, 两个子周期内幅值分别为 2 和 6 的变幅值 PRBS。算法中 $a_1=0.2, a_2=0.7$, 所得结果是

\hat{a}_1^*	\hat{a}_2^*	\hat{b}_0^*	\hat{b}_1^*	\hat{b}_2^*	$\hat{\Delta}^*$
-1.8	0.8	3.9	-14.02	11.99	0.98

例 2 对辨识算法 II 的仿真。系统模型同例 1。辨识计算中 $a_1=0.2, a_2=0.7, u(t)$ 为周期长度为 31 的经典 PRBS, 两次参数估计所用 $u(t)$ 的幅值分别为 $D_1=2$ 和 $D_2=6$ 。最后得到的结果是

\bar{a}_1^*	\bar{a}_2^*	\bar{b}_0^*	\bar{b}_1^*	\bar{b}_2^*	$\bar{\Delta}^*$
-1.8059	0.8027	3.9997	-14.0356	11.9877	0.9827

5 结论

本文对电弧炉电极调节系统提出了两种辨识算法。辨识算法 II 中每次辨识计算涉及的参数个数比辨识算法 I 少。两种算法都考虑了系统的动作死区问题, 较好地反映了现场的实际情况。作者曾用本文的算法对某厂的 5 吨电弧炉进行了辨识实验, 得到满意的结果。本文提出的方法对其它类似受控对象也有一定参考价值。

参考文献

- Billings S A. Identification of an Electric Arc Furnace Electrode Control System. Proc IEE, Pt D, 1975, 122:849-856
- Maite Uria de Castello, Model of the Electrode Position Controller System of an Electric Arc Furnace: an Application. In: Proceedings of 25th CDC, Athens, Greece, IEEE Control System Society, 1986:66-67
- 曹鑫铭等。VHD 真空精炼炉电极伺服控制系统静、动态特性的测试及辨识。东北工学院学报, 1986, (2):75-80
- 冯纯伯等。系统参数估算的偏差补偿最小二乘法。控制与决策, 1986, (1): 2-8
- Billings S A, Nicholson H. Temperature-weighting Adaptive Controller for Electric Arc Furnaces, Ironmaking and Steelmaking, 1977, 4:216-221
- Ljung L, Soderstrom T. Theory and Practice of Recursive Identification. The MIT Press, 1983:215
- 郎自强。电弧炉电极调节系统自适应控制的研究。东北工学院硕士研究生论文, 1986

PARAMETER IDENTIFICATION ALGORITHM FOR THE ELECTRODE REGULATION SYSTEM OF ELECTRIC ARC FURNACES

GU Xingyuan BAO Yuan LANG Ziqiang

(Dept. of Auto. Control, Northeast University of Technology, Shenyang)

ABSTRACT

This paper presents two parameter identification algorithms for the electrode regulation system of electric arc furnaces in which the effect of dead zone nonlinearity is considered. The simulation results and the identification experiments in a manufacturing spot have verified the effectiveness of these algorithms.

Keywords: electric arc furnace, electrode regulation system, pseudo random binary signal

温度测量与控制学术讨论会征文通知

我国温度测量和控制事业,在全国同行近四十年的努力下,在温度计量、测温方法、测量仪表及材料的研究和生产,以及在国民经济和国防建设的各部门中的应用,都得到了显著的进步。多年来,各有关学会分别组织了有关温度测量和控制技术的学术会议,对温度测量与控制领域的技术进步,起了很大的促进作用。根据中国科协关于联合举办学术会议的精神,为了集中全国从事温度测量与控制技术力量,提高我国温度测量与控制技术水平,中国计量测试学会、中国仪器仪表学会、中国自动化学会、中国宇航学会、中国航空学会、中国金属学会下属各有关温度的专业委员会,经协商研究决定于1989年第二季度联合组织《温度测量与控制》学术讨论会。我们希望通过全国同行的努力,把它办成总结、交流温度测量与控制领域科学技术进步的高水平的学术会议。

1 征文内容

- (1) 温度标准与计量;
- (2) 温度测量与控制的新方法;
- (3) 温度测量与控制仪表的科研成果与新产品;
- (4) 温度测量与控制用的新材料、新元件;
- (5) 温度测量与控制技术在科学研究、国防建设与生产过程中的应用;
- (6) 温度测量与控制仪表和材料的生产工艺、管理、质量控制和性能研究(包括引进、消化、吸收与国产化);
- (7) 温度计量、标定校验设备及有关实验装置;
- (8) 热流、热量测量和热象技术及其应用。

2 论文要求

- (1) 论点明确、论据充分、简明扼要、数据可靠;
- (2) 论文用稿纸誊清,书写正确,字迹工整,图表清晰(图用晒图纸或白纸墨线描绘,要求符合印刷要求);
- (3) 论文全文不超过6000字,摘要不超过500字;
- (4) 论文经联合审查录用后,由会议统一印刷论文集;
- (5) 论文一式二份经单位同意盖章后,于1989年1月20日前寄至上海市漕宝路103号过程检测控制仪表学会《温度测量与控制》学术讨论会秘书处。联系人:吴斌昌、张继培。电话:360791。电报挂号:9065。

3 学术会议期间,除论文交流、专题讨论外,还将组织各有关生产厂新产品新成果展示交易。

4 热烈欢迎全国各部门从事温度测量与控制技术的同志们,包括从事研究、设计、计量、制造、教学和应用的同志们,踊跃投稿论文,参加盛会。

中国计量测试学会
中国宇航学会

中国仪器仪表学会
中国航空学会

中国自动化学会
中国金属学会