

文章编号: 1008-0562(2001)05-0651-03

高压静电收尘器模糊控制系统

惠晓威, 李新春, 田秀华

(辽宁工程技术大学 电子与信息工程系 辽宁 阜新 123000)

摘要: 模糊控制在静电收尘系统中的应用对提高收尘效率, 节约电能是一种有效方式。本文介绍了整个系统的组成和控制方式, 并在实验室进行了仿真实验, 获得较满意效果。

关键词: 模糊控制; 收尘器; 高压静电; 单片机

中图分类号: TP 237 文献标识码: A

0 引言

目前, 高压静电收尘技术已成为抑制粉尘、净化空气的主要技术, 广泛用于发电、水泥、钢铁、冶金等行业。这项技术与传统的除尘技术相比, 收尘效率高, 通常收尘效率可达 99% 以上; 能源消耗小, 仅为其它收尘方式的 1/10^{[1][2]}。一些电厂由于燃烧的煤炭灰粉含量差别较大, 造成收尘效率大大降低, 比如, 内蒙古元宝山电厂, 主要燃煤来自平庄矿务局, 煤质较差, 灰粉含量较高; 在锅炉压力达不到要求时, 常常向锅炉燃烧室注射柴油, 致使除尘电场电压难以控制。本文在进行高压静电收尘器微机控制系统研究时, 对燃煤性质不同, 粉尘含量经常变化的电场, 引入了模糊控制技术, 使收尘效果大为提高。

1 静电收尘原理

1.1 收尘机理

电厂锅炉燃烧尾气带有大量粉尘, 直接排放到空气里, 会造成大气污染。静电收尘是将含粉尘气体引入到收尘室, 电场将粉尘吸附下来, 通过排尘口集中收集排放。电收尘器收尘原理如图 1 所示, 在收尘极板和悬挂在极板间的电晕线之间加直流高压, 形成 4kV/cm 的场强, 迫使电场空间充满带电离子, 当烟尘通过电场时粉尘粒子被荷电吸附到阳极板上, 扑集下来。

粉尘收集效率决定于粉尘荷电, 在 1/100 秒内荷电量^[1]

$$Q = k E_c D^2 \quad (1)$$

式中 E_c 为电场强度峰值, D 为粉尘颗粒直径, k 为常数。提高电场电压可使电场强度 E_c 值增加, 电晕更加充分; 增加电晕电流密度可使电场空间充满更多的负离子, 粉尘荷电几率更大。电晕电流密度^[4]

$$j_E = 2\pi \epsilon_0 b [U(U-U_0)] / [(2c)s^2 \ln(2d/D)] \quad (2)$$

式中 U 为电场电压 U_0 为电场起晕, ϵ_0 为介电常数, 其它为几何尺寸。可见控制电场电压即可控制收尘效率。

1.2 控制方式

理论和实践证明: 保持较高的电场电压可保持较高的收尘效率^{[1][2][3]}。然而, 并非电场电压越高越好。在粉尘荷电时会产生火花放电现象, 适当火花数量也无碍收尘效果, 但场强过强, 使火花连成群, 形成闪络, 甚至局部被击穿, 出现拉弧现象, 不仅不能提高收尘效率, 会大大降低收

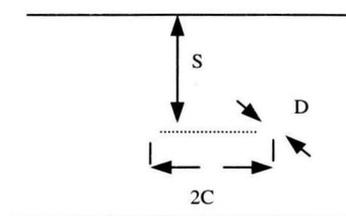


图 1 电收尘原理

Fig.1 principle of electrostatic precipitation
尘效率, 对设备亦有损坏作用。

工业应用实际表明：电场电压很难保持在很高状态。例如各电厂燃煤灰粉不同，很难用一个控制规则完成，即电厂运行状况是随机的。目前，国内外电收尘器常见控制方式有：最高平。

确良 均电压控制、最佳火花率控制、无火花控制、间歇脉冲控制等。它们各适用不同对象，例如：比电阻很高的水泥收尘采用脉冲控制方式^[2]。

最高平均电压控制和最佳火花率控制本质上是一种控制方式，在保证电场不产生闪络和击穿的前提下，最高平均电压是随机变化的。因此，本文采用模糊控制方式，根据一次、二次电流、电压的样本值和变化率，进行模糊逻辑判别，较准确地保持输出平均电压最高，实现最高收尘效率。

2 模糊控制算法

由于收尘器中烟尘介质的随机变化，如何调节供电电压不仅与每次采样值有关，还与样本值的变化率有关，还需随机调节每次采样的步长，故本文采用了可变系数模糊控制逻辑：根据系统输出状态的识别，样本差值大、变化率快，则取

大系数、大步长；样本差值减小、变化率较小，则取中系数、标准步长；样本差值很小、变化率很小，则取小系数、小步长；样本差值变负值、变化率为负，则取负小系数、小步长。

模糊条件判别语句：

if $e = A_i$ and $\dot{e} = B_j$ then $K = C_{ij}$ and $\Delta = D_{ij}$

其中 e 和 \dot{e} 是被控量的差值和差值变化率， A_i 和 B_j 为对应论域变量值； K 为可变系数逻辑变量， C_{ij} 为对应论域上的变量值； Δ 为步长变量， D_{ij} 对应论域上的变量值。变量值 Fuzzy 子集为

A_i 和 $B_j \in \{NB \text{ 负大 } NM \text{ 负中 } NS \text{ 负小 } ZO \text{ 零 } PS \text{ 正小 } PM \text{ 正中 } PB \text{ 正大}\}$ ；

$C_{ij} \in \{PB \text{ 正大 } PM \text{ 正中 } PS \text{ 正小 } NS \text{ 小}\}$ ；

$D_{ij} \in \{PB \text{ 正大 } PM \text{ 正中 } PS \text{ 正小}\}$ ；

这里采用非线性变权模糊控制算法^[5]，即任意时刻 t 控制电压 U 的变化量为：

$$\Delta U_t = (|e| / PS + 1 - P)e / S + P(1 - |e| / S) \dot{e} / M \tag{3}$$

其中 S 为系统设定量， M 为采样时段内 \dot{e} 的最大量， $0 < P < 1$ 。模糊控制系统结构如图 2 所示。

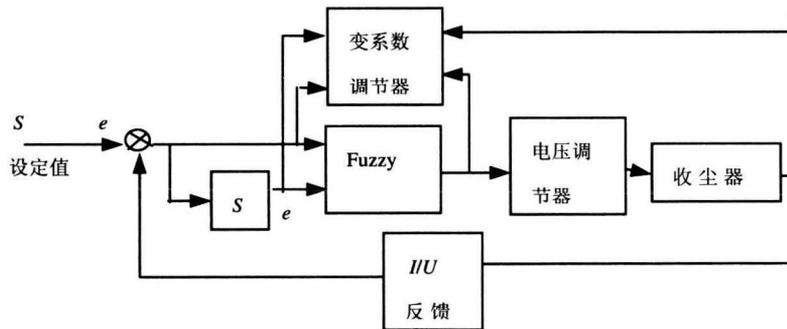


图 2 模糊控制器结构图

Fig.2 principle constructure of Fuzzy control unit

3 控制系统设计

3.1 收尘器供电系统设计

工业收尘器一次电源电压均为 380V，经高阻抗变压器升至 40~60kV，再整流为直流高压，反向施加到收尘器。机组额定输出目前国内外有若干等级，电厂收尘通常为 45kV~60kV，平均场强为 3~4kV/cm，星型线电流密度为 0.15~0.30mA/m，系统如图 3 所示。

一次交流电流电压和二次直流电流电压作为反馈调节信号。除此之外，还有保护、显示、告警电路等。控制器输出的脉冲信号触发双向可控硅导通，控制 SCR 导通角的大小可调节输出电压的高低。

3.2 控制电路设计

考虑收尘器为 24 小时连续运行，运行状态的调整、运算、显示、记录、打印和对系统的监控等其它工作，采用工业控制计算机作为上位机，

对系统的监控、记录、打印、报警等; 由 89C51 为核心组成下位机, 如图 3 所示。

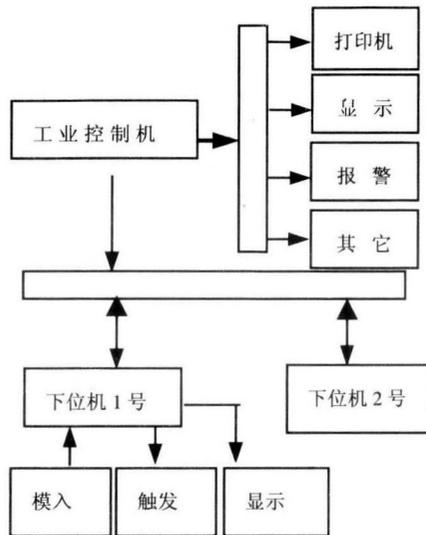


图 3 系统结构框图
Fig.3 system constructure of EPS

下位机监控系统包括一、二次模拟量的采样放大处理单元、同步电路、场压显示故障, 显示电路、串行通信单元、脉冲触发单元等。

电场中粉尘荷电产生火花是避免不了的, 但每次火花放电是一次高频干扰, 所以控制系统抗干扰是一个棘手问题, 本系统采用了多种抗干扰措施: 光电隔离、屏蔽浮地、软硬滤波和 Watch Dog 电路等, 基本上可以解决干扰问题。

3.3 控制系统软件设计

上位机功能模块有: 数据处理, 电场状态拟合, 收尘效果分析; 输出模块有: 记录打印、显示电场电压电流变化曲线和数字、显示和记录各

下位机故障、报警; 还有掉电保护、通信和文件管理等功能。

下位机设有排序、滤波、标度变换、中断、运行方式控制等功能子程; 数据采集、采样保持、算法控制、A/D 转换等处理子程。为提高检测响应速度, 对前向通道模拟量及开出、触发信号均设计了硬件电路实现。

4 结 语

在高压静电收尘器供电系统中引入模糊控制方式, 经实验室模拟实验表明: 即满足了系统响应速度, 保证了收尘率, 可达到 99.5% 以上, 符合国家一级排放标准, 又避免电场过多产生火花, 延长收尘器极板寿命, 降低了高频环境干扰, 节约了大量电能, 特别适合于燃煤质量较低的煤矿坑口电厂、矸石电厂。

参考文献:

- [1] 白希尧. 超高压静电抑制开放性尘源[J]. 自然科学, 1989, 17(12): 896-901.
- [2] Grady B. Nichols. Interpreting Electrical Data from Electostatic Precipitators [C]. Proceedings of the 4th International conference on Electostatic Precipitation. 1990. 93-103.
- [3] Claus Riehle and Friedrich Loffler. The Significance of the Current-Voltage Characteristics in Geometric-Similar Parallet Plate Precipitators [C]. Proceedings of the 4th International conference on Electostatic Precipitation 1990. 123-133.
- [5] 彭晓华. 一种变化比例因子模糊控制器的研究[J]. 辽宁工程技术大学学报, 1998, 17(4): 403-406.

A Fuzzy Control System in ESP

HUI Xiao-wei, LI Xin-chun, TIAN Xiu-hua

(Department of Electroric and Information Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China)

Abstract: Application of fuzzy control in ESP is an effective method for raising prapiciting efficiency and saving electricity. In this paper the composition of the system and control way is introduced, in additon, simulation research for this system is done in laboratory. The result of research is more satisfactory.

Key words: fuzzy control; precipitation; higher voltga electostatic; a single-chip microcomputer;