

基于模糊推理的高压气密性检测仪的设计

周思林, 伍先达, 孙芝雨

(中科院合肥智能机械研究所, 安徽 合肥 230031)

摘要:文中介绍了利用微差压原理,采用单片机进行控制,用于密封器件检测的气密性检测仪。针对大体积高压气密性检测系统易受外界因素的影响,难以建立精确的数学模型,提出基于模糊推理的温度补偿策略。实验结果表明,采用该补偿策略后的检漏仪稳定、可靠、精度高。

关键词:气密性检测仪;微差压原理;模糊推理;温度补偿

中图分类号:TP216 **文献标识码:**B **文章编号:**1002-1841(2006)01-0021-02

Design of Air - leakage Detector under High - pressure Based on Fuzzy Reasoning

ZHOU Si-lin, WU Xian-da, SUN Zhi-yu

(Institute of Intelligent Machines, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China)

Abstract: In this paper, the air - leakage detector to sealing devices is introduced, which controlled by microchip system, used micro differential pressure principle. Due to the fact that detecting system under high - pressure and big - cubage is liable to be influenced by outside factors, a precise mathematics model is difficult to create, therefore a temperature compensation arithmetic on the basis of fuzzy reasoning is introduced. According to the results of the experiments, the detector with this compensation arithmetic is stable, reliable and more precise.

Key Words: Air - Leakage Detector; Micro Differential Pressure Principle; Fuzzy Reasoning; Temperature Compensation

0 引言

密封器件的气密性检测已成为一种重要的安全性检测方式,渗入到多个行业中。目前气密性检测研究都只针对 10 MPa 以下压力,很少有针对高压大体积的密封器件气密性检测仪。在高压大体积条件下,检测系统易受环境温度影响,出现不稳定状态。模糊理论以其能适应非平稳环境的特性,广泛应用于各工程领域研究应用中。采用基于模糊理论的温度补偿策略,对系统所受温度影响进行补偿,以提高检测仪的精确度和稳定性。文中介绍了基于模糊推理,采用单片机进行控制的高压大体积气密性检测仪。

1 设计原理

利用微差压原理,采用精密对称气路,在工作过程中对标准件和被测件同时充入相同压力的空气,以达到整个气路系统的平衡,如果被测件发生泄漏,平衡将被打破,这时利用高精度差压传感器获取差压 Δp 。气路设计中标准件和被测件大小相同,形状一样,气路严格对称,气路结构如图 1 所示。其中 V_1 为进气阀, V_2 为放气阀, V_3 为标准件子阀, V_4 为被测件子阀, V_5 为汇流阀)。

整个检测过程由充气期、第一平衡期、第二平衡期、检测期和放气期组成。仪器不工作时处于等待状态,各个阀的开关状态如表 1 所示。检测仪在充气期开始时关放气阀开其他阀进行充气,充到设定气压时关进气阀;在第一平衡时间结束时关 V_3, V_4 阀;在第二平衡期开始第三平衡时间后关汇流阀 V_5 ,以使标准件和被测件部分尽量达到各自气压平衡。其中第一、第二、第三平衡时间均可由用户通过键盘自行设定,以达到最佳

稳定效果。

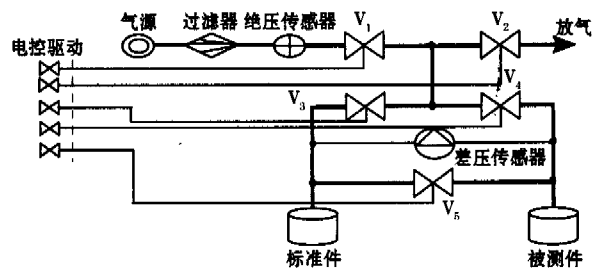


图1 检测仪气路结构图

表1 气阀控制表

阀名	过程					
	充气期	一平衡期	二平衡期	测试期	放气期	等待期
V_1	开	关	关	关	关	关
V_2	关	关	关	关	开	开
V_3	开	开	关	关	开	开
V_4	开	开	关	关	开	开
V_5	开	开	开	关	开	开

2 模糊补偿算法

模糊理论是 L. A. Zadeh 教授在美国柏克莱加州大学电气工程系于 1965 年创立的模糊集合理论的数学基础上发展起来的,主要包括模糊集合理论、模糊逻辑、模糊推理和模糊控制等方面的内容。近年来,模糊理论已广泛应用于各个领域特别是检测、工程控制中。

在该模糊补偿策略中,输入量为温度传感器所测被测件测试结束时温度值 T_t 及环境温度值 T_e ,按模糊推理处理过程要求进行模糊化、模糊推理以及解模糊,其基本结构如图 2 所示。

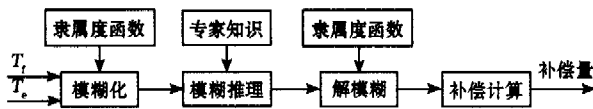


图2 模糊补偿策略结构图

2.1 输入量模糊化

所谓模糊化,就是把各输入变量的精确数值根据其模糊子集的隶属函数找出相应的隶属度的过程。

算法中, T_1 表示被测件结束时气体的温度,基本论域为 $[5,50]^{\circ}\text{C}$,语言变量的论域为 $E = [-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3]$; T_2 表示检测仪的环境温度,基本论域为 $[0, 50]^{\circ}\text{C}$,语言变量的论域为 $EC = [-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3]$;输出补偿量 U 的基本论域为 $[-10, 10]$,语言变量的论域同上。它们的比例因子分别为 $k_1 = 3/25, k_2 = 3/25, k_3 = 3/10$,这3个模糊语言变量都取7个模糊语言标志值,分别为负大(NB),负中(NM),负小(NS),零(ZE),正小(PS),正中(PM),正大(PB)。考虑到算法的实用性,它们均采用三角形隶属函数,如图3所示。

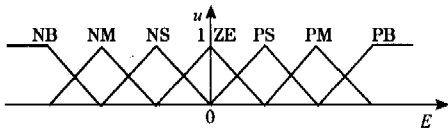


图3 模糊变量隶属函数图

2.2 模糊逻辑推理

所谓模糊逻辑推理就是根据模糊推理规则,运用模糊数学理论进行推理计算,以得到一个定性的模糊输出量。模糊补偿策略的核心是模糊规则的确定,模糊规则实质上是将操作员的控制经验加以总结从而得出的一条条模糊条件语句的集合。

对于两输入的系统,其模糊规则采用如下的语句形式:
if $E = A_i$ and $EC = B_j$ then $U = C_{ij} (i = 1, 2, \dots, 7; j = 1, 2, \dots, 7)$

式中 A_i, B_j, C_{ij} 为分别对应于输入量 E, EC 和输出量 U 论域上的模糊子集。

根据 Mamdani 推理方法,以上采用的二维模糊推理的模糊关系矩阵为:

$$R(E, EC, U) = \bigcup_{i,j} (A_i \times B_j \times C_{ij}) \quad (2)$$

当被测件温度和环境温度分别取 A, B 时,输出 U 根据模糊推理合成规则可得

$$U = (A \times B) \circ R \quad (3)$$

式中 \circ 为合成运算。

在大量的试验过程中,由环境温度和被测件本身温度的试验值跟试验结果的关系,制订出模糊推理规则如表2所示。

表2 模糊规则表

T_1	T_2						
	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	PB	PB	PM	PM	PM	PS	ZE
NM	PB	PM	PM	PS	PS	ZE	NS
NS	PB	PM	PS	ZE	ZE	NS	NM
ZE	PM	PS	ZE	ZE	ZE	NS	NM
PS	PM	PS	ZE	ZE	NS	NM	NB
PM	PS	ZE	NS	NS	NM	NB	NB
PB	ZE	NS	NM	NM	NB	NB	NB

对于环境温度值和被测件结束时温度值按比例进行量化,

查模糊规则表,再离线计算出相应模糊推理值。

2.3 解模糊

通过模糊推理得到的结果是一个模糊集合,但我们进行补偿计算需要精确的数字量,因此需要解模糊以获得精确量。考虑到算法的实用性,采用加权平均法(4)式实现解模糊得到温度补偿计算所需要的精确输出量 U_0 。

$$U_0 = \frac{\sum_{i=1}^7 \mu_i k_i}{\sum_{i=1}^7 k_i} \quad (4)$$

3 模糊补偿算法在气密性检测仪中的应用

该气密性检测仪利用微差压原理,对标准件和被测件进行充气平衡对比,若被测件漏气将形成压差 Δp ,再根据传感器所测温度值,查表进行基于模糊推理的温度补偿,最后通过公式计算为被测件的泄漏量。检测仪的实现主要包括硬件与软件的实现。

3.1 硬件实现

带模糊补偿的气密性检测仪采用 MCS-51 型单片机 AT89C55WD 作 CPU;使用 Foxboro 公司生产的高精度微差压传感器,具有 4~20 mA 标准输出;A/D 转换选用高精度的 14 位串行转换芯片 MAX194,达到系统高精度要求;键盘输入和数码显示采用串行接口的 HD7279,带 8 位 LED 数码管及 64 键,内含去抖电路;电磁阀控制通过 8155 输入输出并行接口与 CPU 相连,采用隔离驱动,消除干扰;存储器扩展采用 24LC16 进行 EEPROM 扩展,该芯片由 8 个 256 x 8 位存储器块组成,具有两线串行接口。硬件结构如图 4 所示。

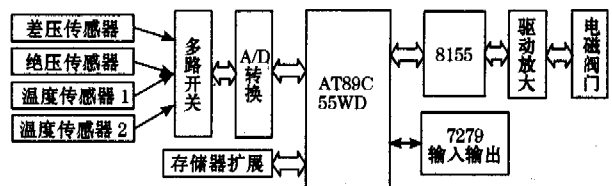
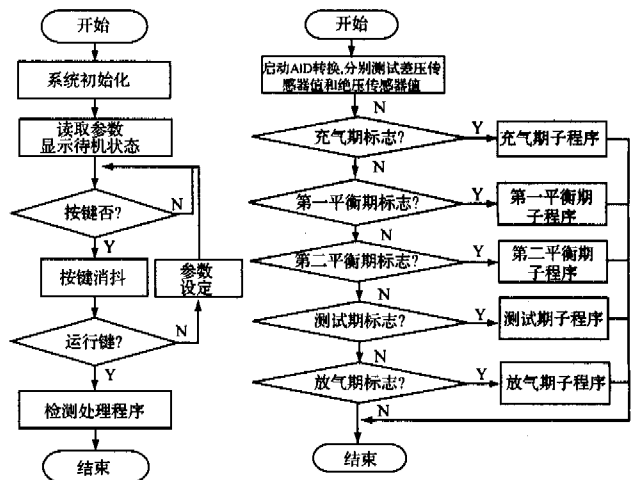


图4 硬件结构图

3.2 软件编制

检测仪的软件采用 C51 编写实现,程序流程如图 5 所示。



(a) 主程序流程图

(b) 检测处理子程序流程图

图5 程序流程图

4 实验结果

试验结果表明,利用模糊推理进行温度补偿,将温度对检测仪的影响减小到最低程度,进一步提高了检测仪的稳定性,可靠性。该仪器已由中科智能公司进行样机生产。(下转第 34 页)

由 9 个 bit 组成,其中低 8 位为数据或指令,第 9 位 TB8 表示类型。当 TB8 = 0,表示当前发送的是指令;当 TB8 = 1,表示当前发送的是数据。

子机程序由 slave.c, lcm.h, temperature.h, hardware.h4 个模块组成,slave.c 为子机主程序,流程如图 5。该程序负责初始化、前台主循环、数据处理和调用子程序。Lcm.h 为液晶显示服务程序,提供所有显示函数。temperature.h 为温度测量子程序,负责读取 18b20 的测量温度。hardware.h 为变量和引脚定义子程序。

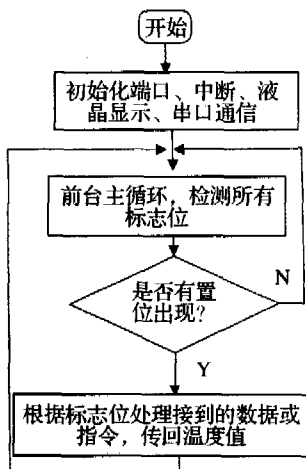


图 5 子机主程序流程图

2.4 PC 机数据采集界面设计

计算机端的界面采用 VC++ 6.0^[5]编写,完成数据传输、处理、显示、控制等各项人机交互功能。

系统的用户界面主要实现外设的检测,控制端点 1 的控制输入输出,端点 2 的数据输入输出速度测试,温度测量的数据显示、画图等。端点 1 用于控制温度采集的启动,液晶显示的显示模式,模拟动作 LED 输出等。端点 2 用于传输输出的数据,输入的温度数据。程序运用定时器,每秒采集更新一次数据,并且利用 LED 仿真界面显示出温度值,还可以在画图区画出温度 - 时间变化曲线图,程序流程如图 6。

3 结束语

系统在最后实际参数测量得到如下结果。USB 接口的读速度的峰值为 544 kb/s,写速度的峰值为 512 kb/s。端点 1 的控制功能按设计正常实现,能手动控制 LCM 液晶模块的显示模式、输出动作模拟 LED、在液晶端显示温度值。温度测

(上接第 22 页)

5 结束语

基于模糊推理温度补偿的气密性检测仪,提供友好的人机交互方式,可修改系统的测试参数值,实现异常报警,可广泛应用于相关行业的密封器件气密性现场检测,是一种可靠的安全性检测仪。

参考文献:

[1] 闻新,周露,李东江,等. MATLAB 模糊逻辑工具箱的分析与应用.

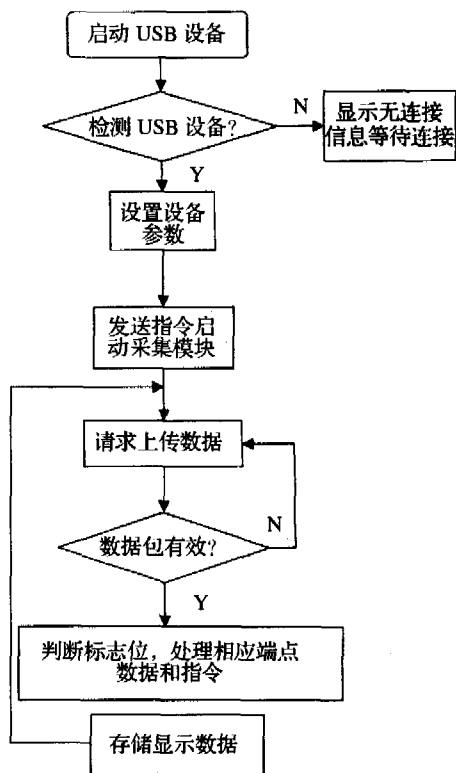


图 6 应用程序流程图

为 0.5 ℃,测量周期最大为 790 ms. 光纤数据传输速率为 9.6 kb/s. 从以上数据分析得出,USB 的数据传输速率基本上达到设计目标速率,能在一些高速数据采集领域充分发挥 USB 的速度快的优势。光纤数据传输限于设计中采用单片机串口调制光纤发射信号,所以传输速率受到较大的限制。如能解决上述问题,系统将更加完善、实用,基于这种架构的数据采集系统在未来会有广泛的应用前景。

参考文献:

[1] 李朝青. 单片机原理及接口技术. 北京:北京航空航天大学出版社,1998.
 [2] 靳达. 单片机应用系统开发实例导航. 北京,人民邮电出版社,2003.
 [3] 李春茂. 传感技术. 北京:科学技术文献出版社,2001.
 [4] 徐爱均,彭秀华. 单片机高级语言 C51 Windows 环境编程与应用. 北京:电子工业出版社,2001.
 [5] 侯俊杰. 深入浅出 MFC. 第二版. 武汉:华中科技大学出版社,1998.
 作者简介:陈美奎,(1957—),高级实验师,主要从事单片机开发技术研究。

北京:科学出版社,2001.

[2] 胡汉才. 单片机原理及其接口技术. 北京:清华大学出版社,1996.
 [3] 刘晟,陈杰,龚志豪,等. 基于动态查询表的模糊控制策略及其应用. 北京理工大学学报,2002,22(6).
 [4] 张茂青,林红. 磁悬浮轴承连续式模糊控制系统. 仪表技术与传感器,2002(12).
 [5] 安徽中科智能公司智能测漏仪开发文档
 作者简介:周思林,(1979—),硕士,主要从事智能检测技术、模糊理论应用研究、软件开发研究。