

加快传感器响应速度的研究

招惠玲

(湛江海洋大学 工程学院, 广东 湛江 524025)

摘要:半导体敏感元件普遍存在着较大的测量惯性,因此影响了测量的实时性和准确性.为了减小测量惯性和提高响应速度,尝试把自动控制中的数字滤波法理论应用于高分子温湿度仪中.通过设计程序并把它固化到仪器中,从而实现对响应速度的调整与控制的目的.

关键词:数字滤波法;传感器;响应速度

中图分类号:TP212

文献标识码:A

文章编号:1007-7162(2003)03-0050-04

传感器是测试系统的重要组成部分.由于测量惯性的原因,总存在着输出对输入的时间滞后问题.输出对输入的响应时间一般用时间常数来衡量.提高传感器的响应速度,减小时间常数是传感器动态性能研究的一项重要课题.一些传感器,如半导体敏感元件和高分子湿敏元件等由于本身的性质的限制,测量惯性较大,响应时间较长,难以实现实时准确测量^[1].在研究中发现,传感器的动态响应与自动控制系统的动态性能有相似之处.因此,可以根据它们的相同点,利用自动控制的有关理论解决传感器的动态响应问题.

提高自动控制系统动态性能的研究方法主要有两种:传递函数法和模型算法控制.前者是通过建立输出与输入量的比值关系,然后用拉氏变换求解线性微分方程来进行的.后者是在确定控制量的时间序列的条件下,对输出量进行预测,然后通过预测值与实测输出值求出误差,最后实现反馈校正的.对比这两种方法,前者在算法上更为简便、容易.本文应用数字滤波法对湿度传感器进行了研究.

1 数字滤波法

它的原理是:设传感器测量系统传递函数为 $W(s)$, 给它附加一个校正环节 $H(s)$, 则系统总传递函数 $I(s) = W(s)H(s)$ 满足动态性能的要求; $H(s)$ 由软件编程的数字滤波器来实现^[2] (如图 1).

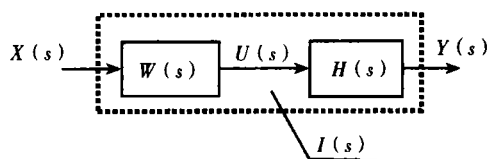


图 1 测量系统框图

假设传感器测量系统为一阶系统,其传递函数为 $W(s)$ 、频率特性 $W(j\omega)$ 分别为: $W(s) = \frac{1}{1 + \tau s}$; $W(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega\tau}$. 如将其频带扩展 K 倍,转折角频率为: $\omega' = K\omega_c$, 它的时间常数 τ' 减少 K 倍,即 $\tau' = \tau/K$.

①确定校正环节的传递函数

收稿日期:2003-01-07

基金项目:广东省重点攻关资助项目(2KM00705N)

作者简介:招惠玲(1964-),女,讲师,主要研究方向为机械振动、噪声与现代测试技术.

串入一个校正环节后,与原传感器组成一个新系统,它的传递函数为

$$I(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{Y(s)U(s)}{U(s)X(s)} = W(s)H(s), \quad (1)$$

校正环节的传递函数为

$$H(s) = \frac{I(s)}{W(s)} = \frac{(1 + \tau s)}{(1 + \frac{\tau}{K}s)}. \quad (2)$$

②校正环节的实现

根据文献[3],得到

$$s = \frac{1}{T}(1 - z^{-1}), \quad (3)$$

则由后向差分法求得等效数字滤波器为

$$G_D(z) = H(z) = K \frac{1 + cT - z^{-1}}{1 + bT - z^{-1}} = K \frac{Y(z)}{X(z)}, \quad (4)$$

则有

$$(1 + cT)X(z) - z^{-1}X(z) = (1 + bT)Y(z) - z^{-1}Y(z). \quad (5)$$

求 z 的反变换,得到差分方程

$$(1 + cT)x(n) - x(n-1) = (1 + bT)y(n) - y(n-1), \quad (6)$$

整理得到编程算式

$$y(n) = \frac{1}{1 + bT}[(1 + cT)x(n) - x(n-1) + y(n-1)], \quad (7)$$

式中, $b = k/\tau = f_b$, $c = 1/\tau = f_c$; f_c 为传感器系统原有的转折频率, f_b 为频带扩展后系统的转折频率, n 为采样时序序号, T 为采样周期。

2 实验研究

实验是利用 VisualBasic6.0^[4] 计算机语言编程实现数字滤波法校正的(程序算法流程如图2)。

实验装置由高分子湿湿度仪、IBM-PC、RS232C 通信接口和打印机等组成^[5](如图3所示)。为了便于数据对比和观察校正效果,实验过程中由敏感元件采集、储存测量数据,并发送到CPU内保存,然后利用数字滤波法进行离线运算和调整。湿度传感器测量相对湿度值从32.8% (25℃下的MgCl₂饱和盐溶液)到84.3%,当测量值到达:32.8% + (84.3 - 32.8) × 63.32% = 65.4%时作为时间常数,由表可查得传感器原来的时间常数为 $\tau = 7$ s。采用不同的调整系数 K 后,得到不同的输出值,当 $K = 1.5$ 和 $K = 2$ 时,对应输出分别为 y_1 和 y_2 ,时间常数变为1.9 s和1.3 s。如表1和图4所示。

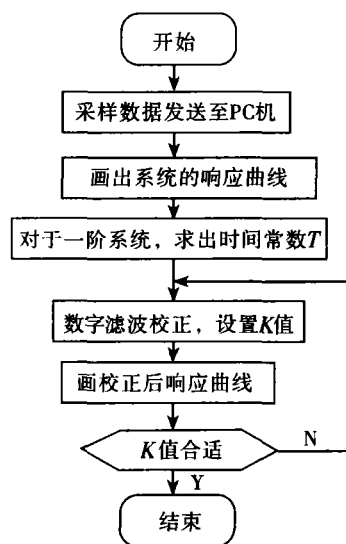


图2 流程图

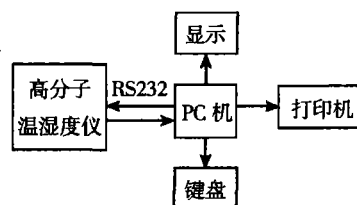
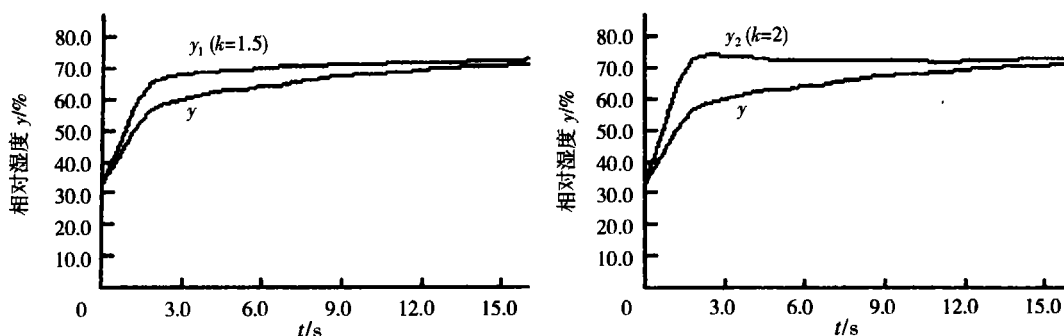


图3 传感器动态特性数据测试装置图

表 1 测试系统输出采样值及采取措施后的输出值(相对湿度)

序号	时间 t/s	采取措施前	采取措施后	
		$y/\%$	$y_1/\%$	$y_2/\%$
1	0.0	32.800 0	32.800 0	32.800 0
2	0.6	40.736 8	44.177 8	47.326 9
3	1.2	49.974 7	56.917 2	63.008 1
4	1.8	56.071 0	64.731 0	71.948 6
5	2.4	58.472 7	67.024 6	73.664 4
6	3.0	59.862 2	67.882 6	73.633 6
7	3.6	61.142 6	68.398 2	73.316 1
8	4.2	61.961 6	68.685 2	72.911 1
9	4.8	62.594 0	68.921 5	72.486 0
10	5.4	63.130 1	68.859 3	71.782 1
11	6.0	64.026 0	69.169 0	71.741 0
12	6.6	64.377 8	69.900 6	72.194 5
13	7.2	65.625 3	70.246 1	72.230 6
14	7.8	66.215 2	70.426 2	72.105 0

图 4 传感器实际输出 y 与采取措施后的 y_1 和 y_2

另外,在研究工作中发现并不是 K 值越大越好.当 $K=3$ 和 $K=4$ 时,将会出现在未达到时间常数 τ 以前,输出值已远远超过了输入值,即输出过调的严重失真现象;所以它们是不适用的.

3 结论

从实验结果可知,用数字滤波法对高分子湿温度仪测出的一系列数据进行处理时,如果调整系数 K 并作合理选择,其输出值就能很快地达到其终值,而且它具有单调性.如果把该程序固化到湿温度仪的单片机的 RAM 中,就能提高传感器测试的实时性.这样,也就能提高整个测量系统的动态响应速度,并能使其具有一定的可靠性和稳定性.该方法程序设计简单,效果较好,而且对其它一阶系统传感器测量系统具有很好的参考价值.

参考文献:

- [1] 曹秀吉, 阎明印. 自然热电偶的动态特性研究[J]. 新技术新工艺, 1997, (2): 12-13.
- [2] 贺智修. 自动控制实用教程[M]. 北京: 电子工业出版社, 1996.
- [3] 尤昌德, 朱刚. 一种智能实时测量方法研究[J]. 西安交通大学学报, 1995, 29(2): 28-32.
- [4] 樊为民, 唐学忠. VisualBasic6 程序设计教程[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [5] 邝泳聪, 刘桂雄. 测频测周方法下的高分子湿度传感器特性研究[J]. 华南理工大学学报, 2000, 28(7): 64-68.

Study on Method of Improving Response Speed for Sensor

ZHAO Hui-ling

(College of Engineering, Zhanjiang Ocean University, Zhanjiang 524025, China)

Abstract: There is ordinarily the measure inertia in some semiconductor sense elements. So it affects the real-time performance and accuracy of the measure. For reducing the measure inertia and improving the response speed, the digital filter method in automation is used in high polymer humidity and temperature device. Through designing the computer program, the purpose of adjusting the response speed can be realized.

Key words: digital filter method; sensor; response speed

(上接第 49 页)

- [6] 庄镇泉, 胡庆生. 电子设计自动化[M]. 北京: 科学出版社, 2000. 175-181.

Structural Design of a Hard-wired Sense Part and Its Realization with FPGA

XIE Yun, ZHANG Yun, LIU Bing-ru, YI Bo

(Faculty of Automation, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China)

Abstract: The paper analyzes the structure features of single neural network (viz. sense part), puts forward a design method of Top-Down with FPGA, and implements a hard-wired sense part on the flat roof of QUARTUS™ II.

Key words: neural network; sense part; FPGA; VHDL; Top-Down