

相关测速综合实验的设计与开发

朱玉龙, 梁俊睿, 毕浩然, 蔡萍

(上海交通大学 电子信息与电气工程学院 仪器工程系, 上海 200240)

摘要:相关测速具有非侵入、精度高、速度快、抗干扰能力强和适应恶劣环境等特点,在工业生产中有广泛应用。综合实验装置的设计围绕相关测速装置的实现和系统参数的优化调整展开。通过数字仿真和改变采样频率,数据容量,传感器间距,随机噪声传感器分辨力等系统参数的对比实验展示随机函数及其相关函数的特性,相关测速原理,以及系统参数对系统性能的影响等。配套软件功能强大,具有实验数据存储和查询,离线分析,自动生成实验报告,实验数据和结果自动导入报告文档等功能,还提供了远程观看实验的端口。

关键词:相关测速;实验教学;综合性实验设计

中图分类号: O353.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-7167(2007)11-017-03

The Design and Development of Teaching Apparatus for Correlation Velocity Measurement Technique

ZHU Yu-long, LIANG Jun-rui, BI Hao-ran, CAI Ping

(Dept. of Instruments Eng., Shanghai Jiaotong Univ., Shanghai 200240, China)

Abstract: Correlation techniques offer a good possibility for contactless measurement of the velocity of continuous surface. Correlation velocity measurement technique features of high accuracy, high speed and high immunity to noise and interference and so is widely used in many aspects of industry. This paper focused on the system implementation and experiment design. Through digital simulation and the adjusting of system parameters it can demonstrate students the characteristics of stochastic function and correlation function, the principle of correlation velocity measurement technique and how the system parameters affect the system performance. The developed software is a powerful one whose function includes experiment data saving and searching, off-line data analysis auto-reporting and remote experiment interfacing.

Key words: correlation technique; experimental teaching; comprehensive experimental design

CLC number: O353.5

Document code: A

Article ID: 1006-7167(2007)11-017-03

1 引言

实验教学是本科教学的重要组成部分,也是培养学生实践能力的重要手段。综观近年来实验教学的改革成效,无论是从各高校工科专业实验课程在教学计划中所占比例来看,还是就高校对实验平台设备的投

人和使用率数据而论,可谓收效显著。

相对于量大面广的技术基础课实验平台的成熟情况和不断提高了的实验资源管理水平来说,一些专业课教学实验的现状却不尽人意。原因之一是实验设备需求小,教学仪器制造商难有积极性而为之。另外,专业课教学内容偏重工程应用,且随学科的发展不断更新等因素增加了实验设计的难度。《检测技术》课程面临的就是这样一种教学内容经过整合后教材已经更新,但已有实验内容陈旧且严重不足的局面。在此背景下,我们开展了检测技术课程系列实验建设,相关测速综合实验便是其中之一。

检测技术课程是测控技术与仪器专业的一门主要

收稿日期:2006-11-06

作者简介:朱玉龙(1984-),男,上海人,在读硕士研究生, Tel: 34203847, 13917445336; E-mail: zylgold@sjtu.edu.cn

通信作者:蔡萍(1963-),女,博士,教授,从事包括工业称重技术在内的测试计量技术及仪器方面的研究工作。Tel: 021-34204003; E-mail: pcai@sjtu.edu.cn

课程,其特点是内容涉及面广,信息量大,知识点散。单纯课堂讲解留在学生脑子里的知识点大多是离散的,浮光掠影式的。这主要是因为在该学生没有感性认识,无法融会贯通。因此,精心设计实验,提供给学生一个平台,引导学生发现问题,融会知识深入思考,将对课堂教学起到极为重要的补充作用。本文介绍的相关测速综合实验通过建立一个工程应用实例,将检测技术与系统中涉及的系统构架与系统性能、随机信号、信号处理技术、数据采集和传感器技术等众多知识点通过一个实验系统有机地关联起来。该实验装置给学生提供了一个深入了解检测系统构建方法,检测系统中各要素及其作用,以及数字相关等信号处理技术的平台。

2 实验设计与系统构成

相关测速是根据速度的定义延伸出来的一种速度测量方法,常用于轧钢厂中钢带速度的测量,纺织厂纤维表面的速度测量以及多相流测量等连续流动物体的速度测量中^[1]。这种方法利用运动物体的某种特性的随机变化对传感器信号的随机调制,构成噪声传感器^[2]。沿物体运动的方向固定配置两个噪声传感器,求取两个传感器输出的互相关函数,根据互相关函数峰值所对应的渡越时间即可求得速度。相关测速法具有非侵入、抗干扰能力强和适应恶劣环境等特点。

实验设计围绕连续流动物体的速度测量这一主线展开。除了验证相关测速原理之外,还设计了多个设计性环节,将测量系统和检测技术的一些概念和知识点融入其中。

通过选用不同性质的传感器如电涡流传感器或光电传感器,或不同规格的传感器如Φ5或Φ8电涡流传感器^[3],学生对不同传感器的应用特点及环境适应性,对传感器性能指标等会有更深刻的认识。

通过实验原理分析,深入理解随机信号及其相关函数的特点以及相关算法的概念^[4];

通过实验设计,了解数字相关技术以及数据采集系统的构成;

通过参数设定,了解计算机测控系统中响应速度和系统容量的综合设计要求以及对实验结果的影响。

通过实验结果分析,了解如何进行系统结构参数设计与优化的概念等。

实验硬件系统构成如图1所示,图2为实物照片。

电机在变频控制器的控制下带动皮带轮转动,皮带轮的直线运动部分模拟钢带的运动,粘贴在皮带轮上的铝箔表面特征的随机变化由电涡流传感器或光电传感器敏感形成流动噪声传感器。旋转式光电编码器通过软轴和电机的转轴相连接,计数电路读出单位时间内光电编码器输出的脉冲数,由此计算得到的皮带

线速度作为标准值。电机速度的设定通过改变变频器模拟输入端口的电压来实现^[5]。

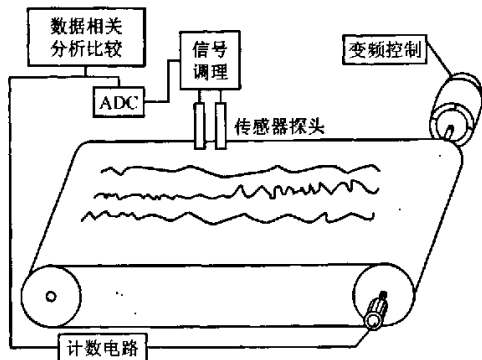


图1 系统结构图

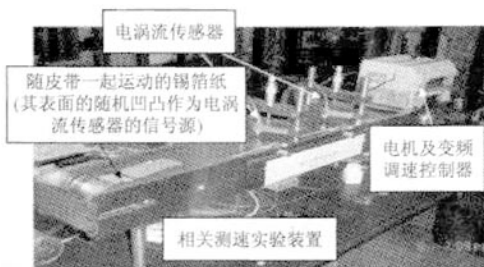


图2 系统实物图

本实验操作软件基于LabVIEW平台编写开发,它完成的主要功能包括,控制数据采集卡采集数据,数字滤波,数据处理和数据分析,控制串口读取光电编码器的数据,调节电机转速和控制电机的转向,存储和查询实验数据,对实验数据进行离线分析,自动生成实验报告,将实验数据和结果自动导入报告文档中等。

配套软件能对相关测速实验进行数据仿真^[6],提供多种类型信号自相关的分析结果,分析噪声对实验的影响,还提供远程的实验平台,5个观看实验的连接端口,一个进行实验的端口,可以让5个学生同时通过web方式连接实验平台,其中一个享有控制权。图3为程序状态图,通过以上的软件可以实现相关测速理想模式和实际模式的对比,实现相关测速和光电编码

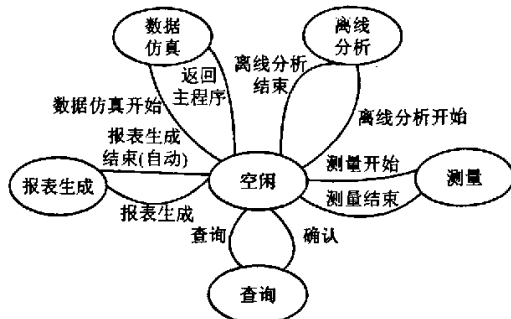


图3 程序状态图

培养学生多方面掌握现代测试手段^[7]。该实验系统面向全校学生全面开放,学生可以在该实验系统上选做综合性和设计性实验,从而可以培养学生的创新性,提高学生的动手能力和实践技能。

参考文献(References):

- [1] 采暖通风与空气调节设计规范(GB50019-2003)[S]. 北京:中国计划出版社,2003.
[2] ASHRAE. Heating, ventilating, and air-conditioning applications

[M]//ASHRAE handbook 1991. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 1991.

- [3] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 1995.
[4] 刘耀浩. 空调与供热的自动化[M]. 天津:天津大学出版社, 1993.
[5] 陆亚俊. 暖通空调[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2002.
[6] 荆有印, 荆睿, 魏兵, 等. 中央空调试验台楼宇自控系统与控制策略[J]. 实验技术与管理, 2006, 23(3): 60-62.
[7] 张锡义, 赵旭丽, 李伟江. 多功能环境扩散实验系统综合实验台[J]. 实验室研究与探索, 2006, 25(7): 774-775.

(上接第18页)

器测速的对比,使实验学生直观清晰地了解相关测速这种不接触测量的新方法。

3 实验内容

实验的主要内容分为4块:

(1) 相关测速基本原理验证。首先在同一速度下,对比光电编码器测量与相关测量速度的结果^[7],可以得到两者的精度的区别。其次调整数据采集卡的采样频率测得速度结果进行比较,可以得到采样频率对测量结果的影响。最后改变物体运动速度,在物体运动的低速,中速,高速运转的情况两种速度测量结果的区别。

(2) 认识随机信号相关函数特性。通过观察两路的电涡流传感器信号以及其经过相关算法以后的图像,可以了解随机信号的相关函数特性。实验采用了直接相关运算以及用FFT以及IFFT来实现相关运算的方法。可以通过实验自带的模块化分析软件让学生自主地分析测量过程以及测量结果,认识随机信号的相关函数特性。

(3) 系统参数选择的综合与优化。采样频率和每次进行相关的数据总量。在实验中,采用低通滤波器对信号进行滤波,相关的数据总量对于相关测速的准确度是有重要作用的,数据量大,准确度随即提高,对应的处理时间也相应增加。数据量减小,却不能保证数据包含的信号的全部延迟部分,相关算法无法获取峰值,整个测量随即失效。

(4) 数字相关技术应用。通过实验的一些结果运算,可以对实验的过程有个清晰的认识。表1数据是变频器为40 Hz的时候不同采样频率得到的测速结果。其中相关测速1是直接相关算法计算所得,相关测速2是使用FFT补零后所得的结果。

以上结果验证了采样频率对整个系统的影响,所以采样的频率的提高对实验的精度有着重要的作用。同时在系统测试中发现处理周期大的时候,且转速高的时候,整个测试很稳定,如果处理周期和转速不匹

配,在实验中很容易出现转速乱跳这样的一种情况,所以处理周期需要和转速匹配决定了相关测速系统的准确度^[8]。

表1 测速结果

采样频率	相关测速1	相关测速2	光电编码器测速
100	0.36	0.36	0.343 20
500	0.354	0.352	0.341 10
1 000	0.345	0.347	0.342 15
5 000	0.344 3	0.344 4	0.344 25
10 000	0.344 2	0.344 2	0.344 85

4 结语

本实验围绕专业培养目标的要求和教学计划,为《检测技术》这门课程提供了一个完整的模拟和实验平台。将最新的测量技术以一种直观清晰的实验形式展现在学生面前,容易让学生接受新的检测技术,实验注意与理论教学的衔接,注重学生综合能力的培养与训练,充分考虑专业、学科发展动态和趋势。这为我们培养检测技术方面的人才是很有帮助很有意义的。

参考文献(References):

- [1] 陈敏, 何俊华, 王锋, 等. 热轧速度相关测速仪的研制和改进[J]. 中国仪器仪表, 2000(1): 20-22.
[2] 吴伟亮, 陈汉平, 吴志锋. 提高相关测速中亚时间采样间隔精度的数学处理方法[J]. 计算机仿真, 2002(2): 93-96.
[3] 刘晓平. 相关测速仪测量精度与信号处理[J]. 工业计量, 2000(5): 50-51.
[4] 王伟华, 邵德奇. 气泡幕的相关测速技术[J]. 光电子·激光, 2005(10): 96-99.
[5] 袁镇福, 周洁. 信号滤波和传感器特性对相关测速影响的研究[J]. 仪器仪表学报, 2001(01): 80-82.
[6] 吴龙华, 唐洪武, 严忠民. 数字粒子图像测速中相关分析算法的改进[J]. 水利水运工程学报, 2002(1): 62-64.
[7] 严忠豪, 谭祖根. 非电量电测技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 1997.
[8] 贾伯年, 俞朴. 传感器技术[M]. 南京: 东南大学出版社, 2000.