

基于 LabVIEW 的振动测试系统研究

李立铭

(郑州大学 机械工程学院, 河南 郑州 450001)

摘要: 由于传统测试仪器价格昂贵、配置灵活性差等缺点,文章结合振动测试的原理和要求,设计了一个基于 LabVIEW 图形化编程语言的振动测试系统。系统分为两个部分:硬件部分通过传感器、信号调理电路和数据采集卡把振动信号转换输入到计算机中;软件部分利用 LabVIEW 2011 平台实现数据采集、信号产生、信号处理及分析的功能。同时,对该系统软件部分的设计进行了详细地介绍。

关键词: 虚拟仪器; 振动信号; 信号处理; LabVIEW

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1006-2394(2013)02-0005-04

Research on Vibration Testing System Based on LabVIEW

LI Li-ming

(School of Mechanical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Due to the defect of traditional test instrument, such as high cost and poor flexibility, a vibration test system based on the LabVIEW, a graphic programming language, is designed, according to the principles and demands of vibration test. This system is composed of two parts: the hardware is to transform and input the vibration signal into computer through sensor, modulating circuit and DAC card. The software uses LabVIEW 2011 to accomplish the function of data acquisition, signal generation and signal processing. Meanwhile, the software of this instrument was introduced specifically in this paper.

Key words: virtual instrument (VI); vibration signal; signal processing; LabVIEW

0 引言

随着机械设备的应用领域越来越广,其工作环境越来越苛刻,要求的精度也越来越高。因此,如何确保设备稳定、高精度地运转,成了当今机械学科关注的焦点。而机械振动是一切机械系统运转时的普遍现象,其内部含有极其丰富的机械运转信息,因此对振动信号进行及时、快速采集和分析变得尤为重要。

虚拟仪器(Virtual Instrument,简称VI)是由测试测量仪器技术、计算机软件技术和总线技术构成的新仪器模式。它不但克服了传统测试仪器价格昂贵、功能单一、配置灵活性差、测试精度低等缺点,还具有开发迅速、使用简单、可扩展性强等特点,与现代振动测试系统的要求相适应。本文基于 LabVIEW 开发平台,提出振动测试系统设计与开发的方法。

1 虚拟仪器振动测试系统的构成

虚拟仪器是由硬件和软件两个部分组成的。硬件设备主要任务是将物理信号转换成电信号输入到计算机中,软件部分是对输入的信号进行分析处理。本系

统是由美国 NI 公司的 LabVIEW 2011 平台及其 PCI-6014 数据采集卡构成,可以实现数据采集、信号生成和信号分析的功能。

2 硬件部分

振动测试系统硬件部分由传感器、信号调理电路、数据采集卡和计算机四部分构成。图 1 所示的是本次振动测试的大体构成。通过振动测试实验系统上的激振器,使被测简支梁受迫振动,振动信号由安装在简支梁上的压电加速度传感器获取,经过数据采集卡,对信号进行 A/D 转换、放大等,最后输入到计算机中。



图 1 振动测试系统总体结构

数据采集卡选用 NI 公司的 PCI-6014,其拥有 16 个模拟量输入通道,2 个模拟量输出通道,最大模拟输入电压 10 V,最大采样率为 200 kHz/s,8 个双向数字 I/O 通道,2 个 24 位计数器。LabVIEW 自带的

收稿日期: 2012-08

作者简介: 李立铭(1989—),男,硕士研究生,研究方向为故障诊断。

Measurement&Automation Explorer 能查看安装在计算机中的数据采集卡名称。在 Data Neighborhood 的 Create New 选项内,便能对数据采集卡的通道定址、通道名称、信号范围等参数进行设置。

3 软件部分

本文以 NI 公司的 LabVIEW 2011 作为开发平台,实现振动测试系统软件部分的设计。应用 LabVIEW 平台开发的测试系统软件主要涉及两个部分:前面板和程序框图。前面板是一些图形化的测试界面,是用户在运行测试程序时所展现的各种测试交互接口,包括菜单、参数设置、结果显示等;程序框图是测试程序的内部运行结构,是测试系统结构、数据处理的流程图。测试程序所要执行的绝大部分工作都是在程序框图中完成的,开发后的程序框图在运行时是不可见的。

LabVIEW 振动测试系统主要实现数据采集、信号生成和信号分析三种功能。因此,软件部分依照系统功能分为数据采集模块、信号生成模块和信号分析模块。

3.1 数据采集模块

数据采集模块是利用 LabVIEW 中的 DAQmx 模块下的 DAQ 助手快速 VI 进行设置。DAQ 助手 VI 特点是缩短程序编写时间,减少程序员的工作量,它无须使用底层 VI 编程,只需通过简单的窗口配置便能实现数据采集功能。

在程序框图中函数选板→测量 I/O→DAQmx 数据采集下找到 DAQ 助手快速 VI,接着在弹出的窗口中配置数据采集任务,依次选择采集信号、模拟输入和电压。在物理通道中选中 PCI-6014 及其连接的通道。在 DAQ 配置窗口中,采样模式设定为连续采样,其他设置保持默认。为了保证数据采集的连续执行,需要在程序框图中对程序创建一个 while 循环和停止按钮。最后在前面板上设置波形图控件,便能观察数据采集波形。

3.2 信号生成模块

数据生成模块是用来产生不同幅值和频率的激励信号。在 LabVIEW 上编写的信号生成模块能克服传统信号发生器价格高、功能灵活性低等缺点,无须使用额外的硬件设备便能产生信号,供其他设备使用。

本模块是利用 LabVIEW 中的基本函数生成器来产生正弦波、锯齿波、方波和三角波的基本信号波形,并可通过选择按钮与均匀白噪声波形生成器产生的噪声信号进行叠加,作为后续激励信号源。由于需要有持续的信号输出,所以使用了 while 循环结构来生成连续波形。

图 2 和图 3 分别是波形生成模块的程序框图和前面板。通过选择信号类型可以分别生成正弦波形、三角波形、方波波形和锯齿波形。可以通过前面板上的

四个旋钮来设定波形的频率、幅值和相位,以及均匀白噪声的噪声幅值,设定的数值大小可以通过各旋钮下的显示得以反映。而等待时间是用来指定程序的等待时间,这可以减少连续轮询前面板的需要。面板上的波形图是信号生成模块产生的正弦波,而输出信号图是波形生成模块作为信号源输出的波形图。通过以上的旋钮和波形图便可以很方便地控制信号的输出,以得到理想的输出波形。

3.3 信号分析模块

对于采集后的波形信号需要进行滤波和加窗,因此在连接具体的分析 VI 前,需要先连接上滤波 VI 和窗函数 VI,本模块选用的是 Butterworth 滤波器和时域缩放窗。时域缩放窗内包含矩形窗、高斯窗、Hanning 窗等窗函数,操作人员可以根据输入信号的情况,在前面板设置使用不用的窗函数,以获得最佳的输出结果。

信号分析主要包括对采集的信号进行时域分析和频域分析。本分析模块包含幅域分析、傅里叶分析、相关分析、功率谱分析以及倒频谱分析等功能。

3.3.1 时域分析

时域分析是要显示信号的时域特征,主要分析方法有波形分析、幅域分析和相关分析等。对于各态历经随机过程,其幅值域分析主要用均值、均方根、方差等数字特征参数和概率密度函数来描述。通过在函数→数学→概率与统计选板内,均值、标准差和方差、均方根、概率等 VI 即可对信号序列进行幅域分析,得到波形信号的统计信息。

相关分析是反映信号波形相互联系紧密性的分析方法,它比反映随机信号幅值统计规律的幅域分析更可以透彻描述信号的波形结构。通过在函数→信号处理→信号运算选板内的自相关 VI 和互相关 VI 便能实现。但 LabVIEW 中的互相关函数计算公式比离散序列的互相关估计少了 $\frac{1}{N-i}$,若直接使用,输出的图谱将是梯形的,因此需要对其进行修正后再作图谱输出,程序框图如图 4 所示。

3.3.2 频域分析

频域分析是以频率作为独立变量建立信号与频率的函数关系分析方法。频域分析主要方法之一是傅里叶变换。时域信号通过傅里叶变换与频域分析建立起联系,因此对于相同信号的时域和频域两种描述方式是可以相互转换的,并且所包含的信息量一致。利用函数→信号处理→波形测量选板下 FFT(幅度 & 相位) VI 和 FFT(实部 & 虚部) VI 均可对信号序列进行傅里叶变换,而不同点在于输出图谱的形式,前者是以幅度谱和相位谱来表示分析变换后的结果,而后者是使用实部谱和虚部谱来

表示。本测试系统使用的是 FFT(幅度 & 相位) VI,它提供幅度和相位两个输出端,可以分别观察信号中幅度和相位与频率之间的关系。此外,测试系统还包括功率谱分析和倒频谱分析。功率谱分析通过函数→信号处理→

谱分析选板中的功率谱 VI 得以实现;而倒频谱分析需要用到 LabVIEW 高级信号处理工具包,安装后通过函数→信号处理→Time Series Analysis→Correlation and Spectral Analysis 选板中的 TSA Real Cepstrum VI 得以实现。

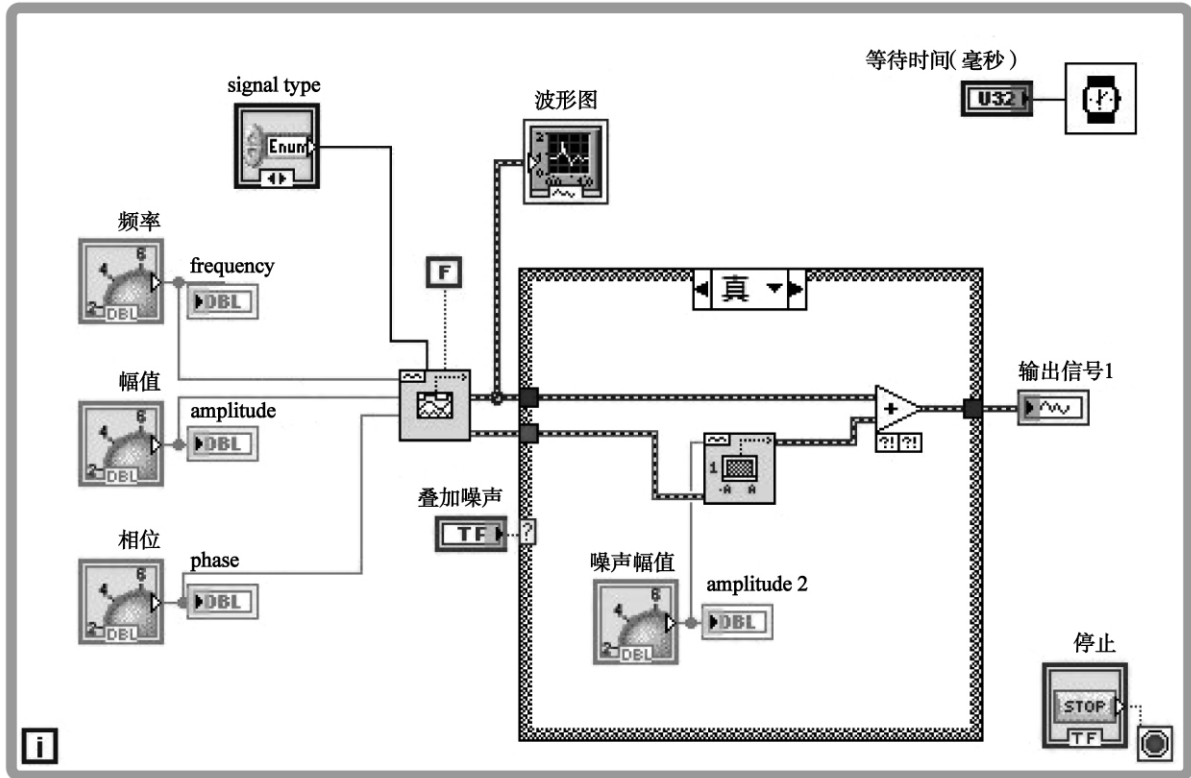


图2 信号生成模块程序框图

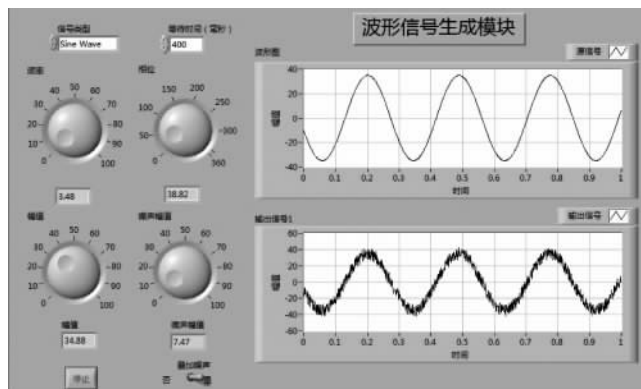


图3 信号生成模块前面板

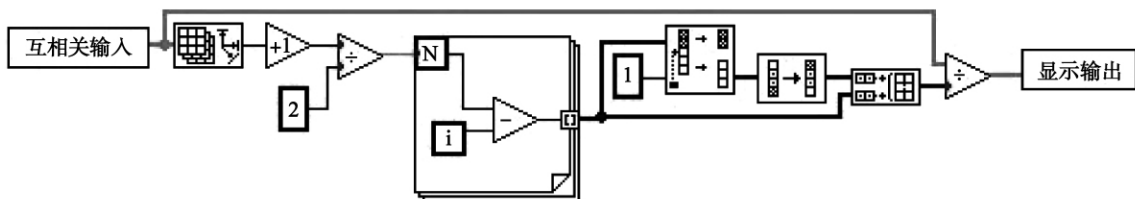


图4 相关修正程序框图

图5是信号分析模块的程序框图。图6是有正弦波信号和三角波输入时,前面板显示的分析结果。

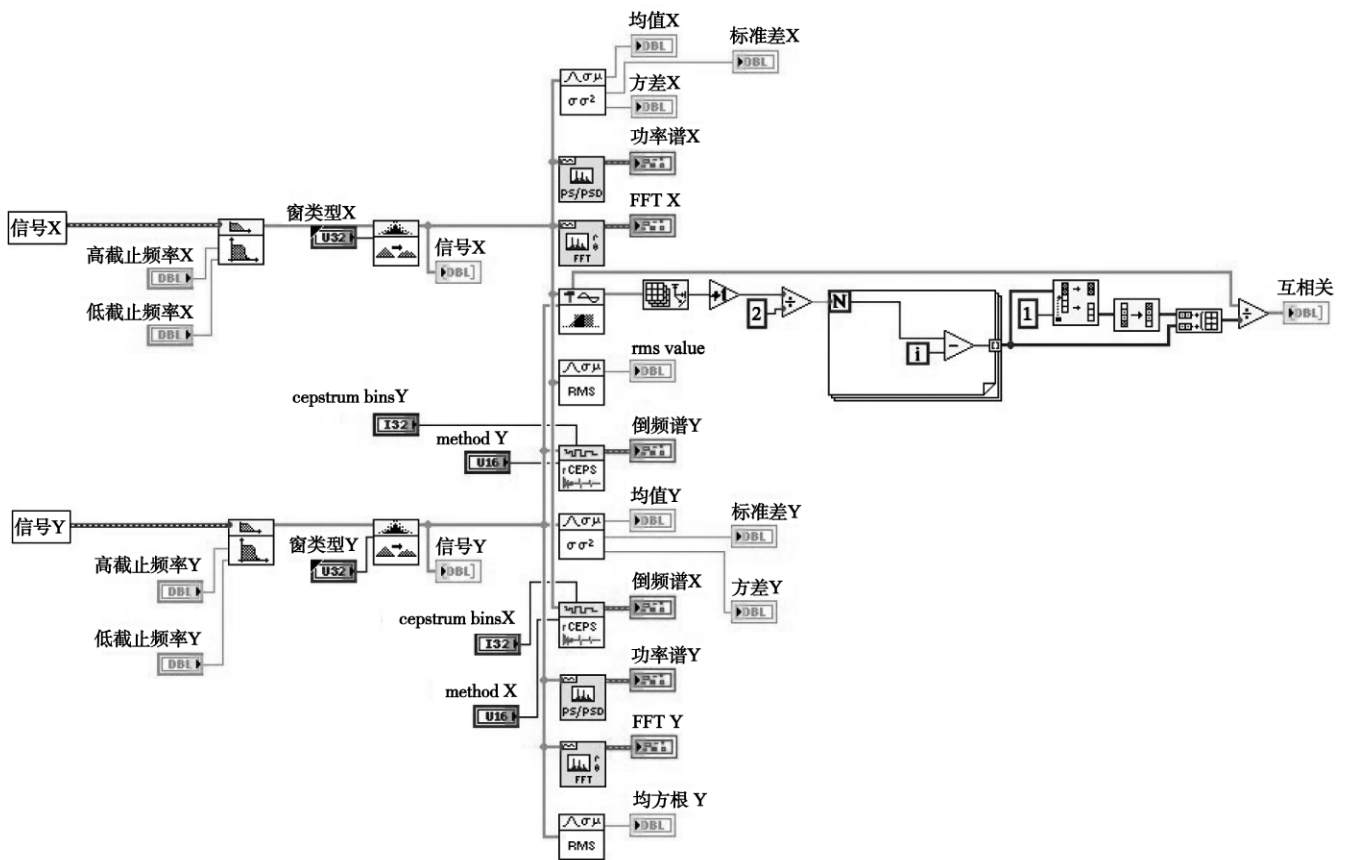


图5 信号分析模块的程序框图

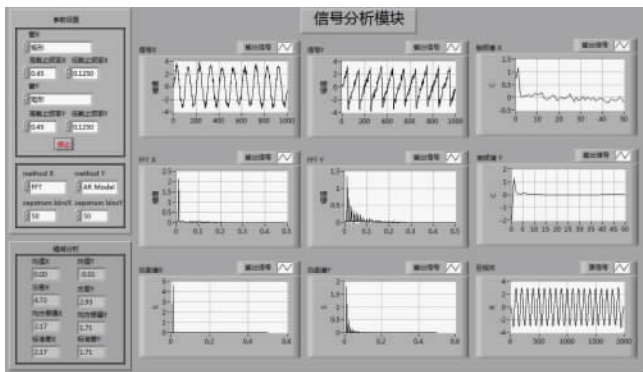


图6 信号分析前面板

4 结论

(1) 本文基于 LabVIEW 图形化编程语言,实现了振动测试系统的设计。整个系统包含信号采集、信号分析、信号处理和图谱显示的功能,并可完成系统的可靠性验证。

(2) 该系统克服了传统仪器功能单一、成本高等缺点,且具有开发周期短、通用性强、使用简单、扩展性

好等优点。

(3) 该系统满足振动测试分析的要求,为振动信号的采集分析提供了一种有效可靠的工具。

参考文献:

[1] Alfred C. H. Tan , Patrick S. K. Chua , G. H Lim. Fault diagnosis of water hydraulic actuators under some simulated faults [J]. Journal of Materials Processing Technology , 2003 (138) : 123 - 130.

[2] 张华, 管红根, 桂成兵. 基于 LabVIEW 的火炮振动测试分析系统 [J]. 兵工自动化 2012(4) : 75 - 77.

[3] 陈勇, 洪传文. 基于 LabVIEW 的水轮机振动信号采集与处理 [J]. 水电与新能源 2010(5) : 17 - 29.

[4] 张玉华, 蒋书波, 程明霄, 等. 基于虚拟仪器的振动测试系统的设计 [J]. 传感器与仪器仪表 2007(23) : 170 - 171.

[5] 彭勇, 潘晓辉, 谢龙汉. LabVIEW 虚拟仪器设计及分析 [M]. 北京: 清华大学出版社 2011.

[6] 韩捷, 张瑞林. 旋转机械故障机理及诊断技术 [M]. 北京: 机械工业出版社 2007.

(丁云编发)