

文章编号: 1006 - 1088(2004)03 - 0065 - 05

基于 Labview 的虚拟振动信号分析仪设计

黄泉水, 王国治

(江苏科技大学 机械与动力工程学院, 江苏 镇江 212003)

摘要: 介绍了 CF-5220 的虚拟设计和实现。采用 Labview 图形语言编写程序, 可进行仿真和处理外部信号, 包括信号产生、信号采集、信号处理、信号分析、结果显示等, 并提供单通道和双通道多种显示方式。具有友好的人机界面, 直接在前面板上完成各种操作。

关键词: 虚拟仪器; 频谱分析; 振动信号

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

Design of Virtual Vibration Analyzer Based on the Labview Software

HUANG Quan-shui, WANG Guozhi

(School of Mechanical and Dynamic Eng., Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang Jiangsu 212003, China)

Abstract: Mainly accounts for the virtual design of CF-5220 Multi-tracking FFT Analyzer. The Virtual Instrument (VI) is designed using the graphical programming language Labview and is capable of stimulating and dealing with the exterior signals, including the signal generation, signal process, signal analysis and results display based on Labview. In addition, single and two channels display mode is provided. This VI presents an use-friendly human-machine interface, and it can be operated on the front board directly and easily.

Key words: virtual instrument; spectrum analysis; vibration signal

0 引言

在振动与噪声研究中, 信号分析仪是一种重要的工具。传统的仪器加工工艺复杂, 生产技术要求高, 价格昂贵, 功能有限, 难以对分析结果进行二次处理。因此, 设计一种操作简便、功能可以自己定义、成本较低的信号分析仪会给教学和科研带来很多方便。随着微电子技术、计算机技术、网络通讯技术和软件技术的高速发展, 传统仪器开始向计算机化的方向发展。虚拟仪器正是基于这样一种技术背景产生的^[1]。它是具有虚拟仪器面板的个性化仪器。利用软件在微机屏幕上构成虚拟仪器前面板, 在硬件的支持下对信号进行采样, 既可以进行实时信号分析、显示, 又可以在离线条件下对存储的采集结果进行各种后处理。目前虚拟仪器技术在国内正处处于蓬勃发展之中, 在测试、测控、教学、科研等领域获得了广泛的应用。开发适合自己需要的信号分析仪将是一种有益的尝试。本文采用 Labview 图形语言编

收稿日期: 2003 - 08 - 07

作者简介: 黄泉水(1981 -), 男, 湖北随州人, 江苏科技大学助教。

写程序,以 CF-5220 双通道信号分析仪为对象进行虚拟设计,以满足教学与科研的需要。

1 虚拟振动信号分析仪的设计思路

1.1 仪器结构与工作原理

虚拟振动分析仪由硬件和程序软件所构成的分析处理系统组成。硬件包括:磁带记录仪(存储实际的模拟信号)、数据采集卡、个人计算机。软件用 Labview 编写。仪器结构原理如图 1 所示。

存储于磁带记录仪中的实际振动信号,经数据采集卡进行 A/D 转换,将模拟信号转换为数字信号,以文件形式存储在磁盘上;分析时,在虚拟振动分析仪前面板上设置采样参数、处理方式、分析内容、显示方式等,随后由分析处理系统对信号进行分析,并显示出结果。

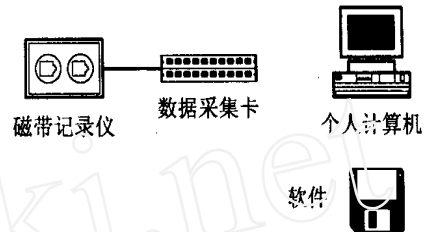


图 1 虚拟振动分析仪结构图

Fig. 1 Structure of virtual vibration analyzer

1.2 软件结构

根据虚拟仪器功能的需要,程序至少应包含以下模块:信号获取、信号处理、信号分析、结果显示等多个模块。获取信号可以利用软件内部生成的各种信号或外部文件存储的实际信号;信号处理主要是进行滤波,滤除高频成分,保留感兴趣的低频成分;信号分析包括傅立叶谱、自功率谱、互功率谱、频率响应函数分析等,还可通过平均参数的选择以求分析更加精确;结果显示可进行单通道、双通道幅值谱、相位谱等显示。软件结构如图 2 所示。

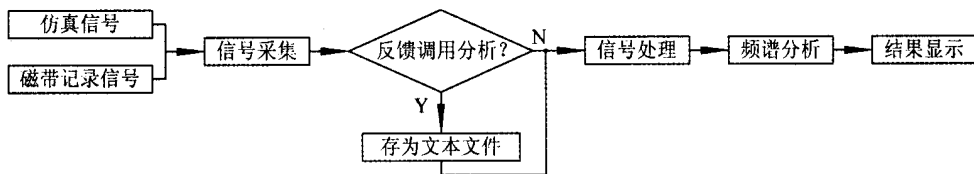


图 2 虚拟仪器的软件结构图

Fig. 2 Structure of software

各模块的主要功能如下:

1) 数据产生模块。Labview 集成了功能强大的数据采集函数库 wave generation。所要使用的只是其中用于模拟信号产生部分。这里使用其中的正弦波、方波、三角波、均匀白噪声,为了开发仿真功能,设置了 2 个通道:一个采用的完全是标准信号,就是上述的几种波形函数;另一个采用标准信号叠加高斯噪声,以模拟实际信号由于各种原因发生的各种各样的失真。

2) 数据读取模块。由于 Labview 只能读取固定格式的文件,所以,磁带记录仪记录下的文本文件必须先转换为所需要的格式。这里应该为 2 列数据:第一列表示时间;第二列表示信号幅值。每一行为采样得到的一个点。一般没有对数据长度做太多的限制,它自动读取所有的数据,具体实现过程先将读出的矩阵转置,再将每一列索引出来,为了与模拟信号数据类型相一致,需要先将数据转换为 Labview 支持的波形数据。

3) 数据处理模块。数据处理模块是对得到的信号进行初步处理,实际信号包含许多干扰,有些会对分析结果产生错觉,有必要将高频噪声剔除,或者说只分析我们较感兴趣的频率段,信号在传输和处理过程中又可能发生泄漏和失真,以上的各种现象在处理上是进行滤波和加窗,以求对信号进行准确地描述。

4) 数据分析模块。分析模块采用 2 个选择循环嵌套的办法,外层选择结构为各个频谱分析的具体内容,包括傅立叶谱、自谱、互谱和频率响应函数分析,内部选择结构则是外层选择结构内分析内容的不同

同方面,由于自谱没有相位,所以没有内层选择,其它的都有幅值和相位 2 个分析内容的选择。

5) 结果显示模块。结果显示模块的主要功能是将采集到的数据以及分析后的数据显示在窗口,供使用者研究。同时它还包含许多附属的显示项,如:信号坐标定位、最大值及其相应位置显示,可调时间显示范围,可调频率显示范围,数据采集、文件位置显示等等。

2 虚拟振动信号分析仪的主要功能

虚拟信号分析仪的前面板如图 3 所示。它能够同时观察输入的原始信号和输出的频域信号,以便将处理分析结果进行比较,并且可以显示从时间始点或频率始点到所需要观察点的信号范围。用户可以通过选择信号显示的范围来改变显示的点数,可以设置到可观察到的最小限度。仪器操作非常方便,只需要用鼠标点击控件,像一般软件的菜单操作一样选择需要的选项,而像实际仪器中按钮的控件只需要按着鼠标左键进行实际仪器同样的操作,如左右旋、左右滑动等。

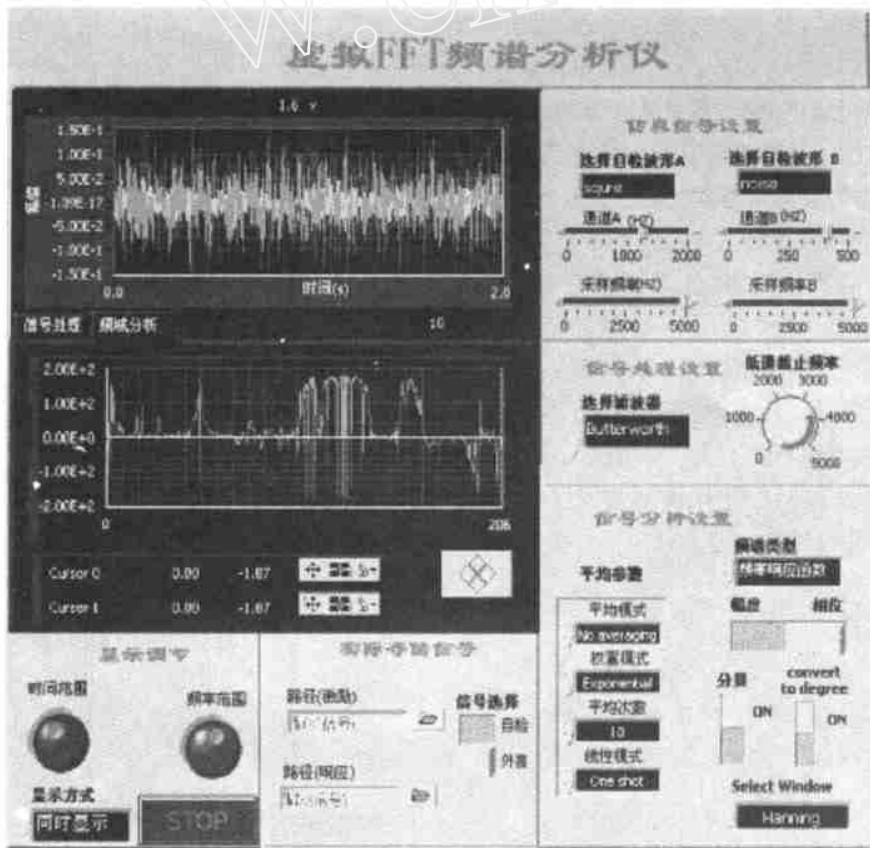


图 3 虚拟振动信号分析仪的前面板

Fig. 3 Front board of virtual vibration analyzer

仪器实现的主要功能：

1) 操作类型选择。用来确定直接分析信号或者是分析已存储在文件中的实际信号。如果是直接分析,可在前面板上的仿真信号设置模块的 2 个通道中进行选择;如果是实际存储信号,在实际存储信号模块选择信号所在磁盘路径,点击“打开”控件,会弹出对话框,以选择存储文件名称。

2) 信号处理。提供各种类型的滤波器,包括 Butterworth、Chebyshev、Inverse、Elliptic、Bessel 等,为满足采样定律,必须滤出高频成分,采用低通滤波方式。根据实际需要,也可以选择不进行滤波处理。

3) 频谱分析。可以进行滤波窗口选择,在前面板点击信号处理选项卡,显示窗口将显示出加窗结果,可选择 Force-exponential、None、Low Sidelobe、7 Term B-harris、4 Term B-harris、Flat Top、Blackman、Exact Blackman、Blackman - Harris、Hamming、Hanning 等窗函数的一种。频谱分析可以选择傅立叶谱、

功率谱(包括自功率谱、互功率谱)频率响应函数以及相位谱等。此外,还提供平均参数的选择,包括平均模式(不平均、矢量平均、峰值保持等)、权重模式(线性、指数性两种)、平均次数(可以根据实际需要设定任意值)等。

4) 结果显示。可以显示原始信号、滤波和加窗处理后的结果以及各种上述提到的谱分析的结果,双通道的信号还可以分别单独显示和同时显示。信号显示的时间范围和频率范围也可以调节,设置需要显示到的最大值。显示幅值和功率时可以根据需要选择工程单位或者是对数显示(分贝)。此外,还设有标尺,分别锁定在 2 个通道的信号上,通过鼠标点击指针上下左右控制键来移动标尺线,它随着信号曲线的点逐一向右移动以便方便的读出曲线上任意点的坐标值。

3 虚拟振动信号分析仪的性能测试

为了验证虚拟仪器设计的可靠性,对实际记录的海水泵振动信号、某次船模响应实验获得的信号分别进行分析处理比较。以下给出虚、实仪器的比较结果。

振动信号经过频谱分析,可以从频谱的结构及其变化来识别机械的工作状态^[2]。以海水泵为例,图 5 与图 4 比较,频谱的频率结构和变化趋势基本相同。

分析一个结构的振动特性,通常采用频率响应函数的方法。以某船模为对象,通过激励与响应的测量,得到其频响函数。图 6 到图 9 这 4 幅图分别给出了用 CF-5220 以及虚拟振动信号分析仪得到的结果。

通过对实际信号采用 2 种仪器处理分析的比较,可以发现,除了曲线的光顺性外,幅值谱与相位谱基本吻合尤其是反映共振的各峰值的位置基本一致。因此可以认为该软件的功能符合教学实验要求。

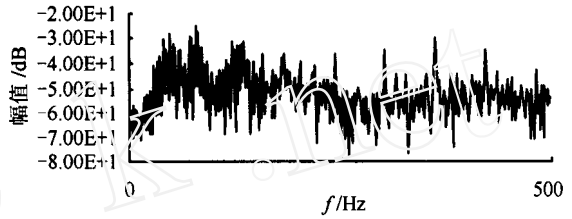


图 4 虚拟振动信号分析仪完成的海水泵振动幅值谱
Fig. 4 Vibration spectrum of sea pump by the VVA

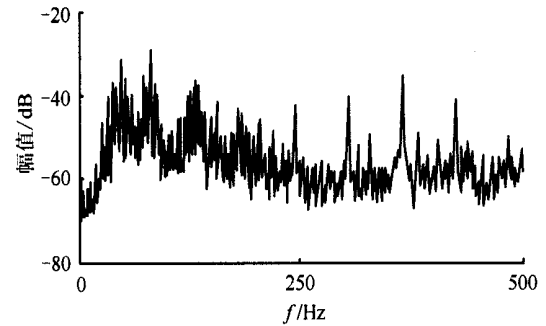


图 5 CF-5220 完成的海水泵振动幅值谱
Fig. 5 Vibration amplitude spectrum of sea pump by CF-5220

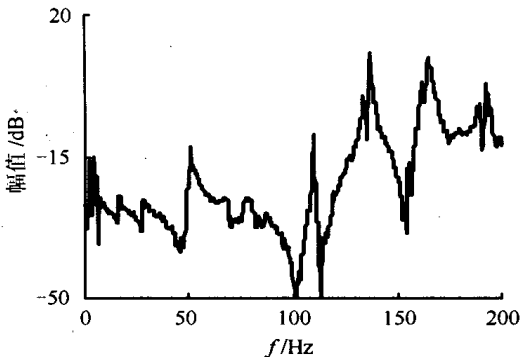


图 6 CF-5220 得到的频响函数
Fig. 6 FRF by CF-5220

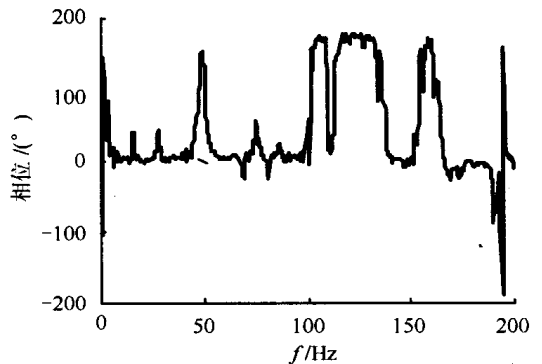


图 7 CF-5220 所测响应相位
Fig. 7 Phase of FRF by CF-5220

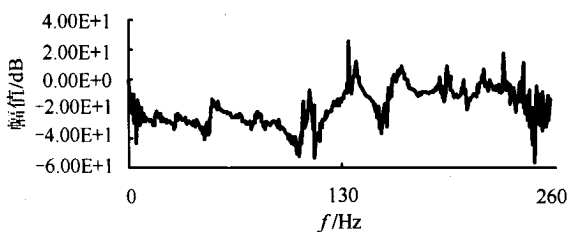


图 8 虚拟振动信号分析仪完成的响应函数
Fig. 8 FRF by the virtual vibration analyzer



图 9 虚拟振动信号分析仪完成的响应相位谱
Fig. 9 Phase of FRF by the virtual vibration analyzer

4 讨论

1) 平均法提高信噪比。工程振动信号在时域里是一种随机过程,那么在频域里也是一种随机过程。功率谱是时域信号自相关的傅立叶变换。通过相关分析与功率谱分析可以消除噪声干扰,大大提高信号分析的精度。

2) 数据流的数据类型应当相匹配。在设计过程中经常会遇到数据类型不匹配的问题,尤其是对同一显示件,当有不同的数据类型连接到该端口时,或者各种选择结构、循环结构内有不同数据类型的数据流流出时。具体解决办法是创建局部变量或者创建需要的数据类型常数。这样使用的结果虽然简化了程序的开发,却给程序的维护和可读性带来了负面的影响。

3) 在编程过程中,以时间序列形式存储的信号需转变成 Labview 支持的波形数据,以二维数组输出到显示图。由于读取的是一系列完整意义的点,波形数据只需要初始时间和时间间隔跟各个采集得到的数据值。采用索引出时间序列的第2个点作为时间间隔的方法,由于标准信号采集卡采样的时间间隔相同,从而有效的解决了这个问题。

5 结束语

通过强大的图形编程语言与现有的硬件设备的结合,对已有仪器的主要功能进行了虚拟设计,拓展了部分功能,改变了传统的仪器操作方式,仪器面板简洁明了,人机交互性强。在前面板上进行操作,避免误操作造成的物理损坏。通过虚、实仪器对某海水泵振动信号和实际船体模型试验信号的处理分析结果比较,验证了虚拟仪器的功能的可靠性,达到了预期的效果。

参考文献:

- [1] 郑利峰,杨小雪,张汉全. 基于 Labview 的虚拟频谱分析仪设计[J]. 自动化与仪器仪表, 2002(5):4-7.
- [2] 应怀樵. 波形和频谱分析与随机数据处理[M]. 北京:中国铁道出版社,1983.
- [3] 石博强,赵德永,李畅,等. Labview6.1 编程技术实用教程[M]. 北京:中国铁道出版社,2002.
- [4] ROBERT H B. Labview 6i 实用教程(Labview Student Edition 6i) [M]. 北京:电子工业出版社,2003.

(责任编辑:顾琳)