

文章编号: 1005—0523(2006)05—0119—03

虚拟相关法测量相位差仪的设计

谢三毛

(华东交通大学 机电工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要: 虚拟仪器(VI)是计算机技术和传统的仪器仪表技术相结合的产物,是仪器发展的一个重要方向. LabVIEW 是一个基于图形化编程语言的虚拟仪器软件开发工具,本文根据相关法测量相位差的原理,阐明了运用 LabVIEW 图形化编程语言开发虚拟相位差仪的方法.

关 键 词: 虚拟仪器;相关法;相位差;LabVIEW;设计

中图分类号: TP311

文献标识码: A

1 前言

所谓虚拟仪器(Virtual Instrument, 简称 VI),就是以计算机为基础,配以相应测试功能的硬件作为信号输入/输出的接口,完成信号的采集、测量与调理,从而完成各种测量功能的一种计算机化仪器系统. 虚拟仪器是当今计算机辅助测试(CAT)领域的一项重要技术.

目前我国应用的虚拟仪器开发平台主要有美国 NI 公司的 LabVIEW 及其相应组件和 Agilent 公司的 HP—VEE,其中 LabVIEW 系列产品在我国使用比较广泛. LabVIEW 是当前用于数据采集、信号处理和虚拟仪器开发的一个标准工具,而且是一个基于图形化编程语言的虚拟仪器软件开发工具,设计者可利用它方便快捷地建立自己的虚拟仪器程序而无需复杂的程序代码编写. 用 LabVIEW 设计的虚拟仪器程序可以脱离 LabVIEW 开发环境,最终用户看见的是和实际的硬件仪器相似的操作面板. 本文的虚拟相位差仪就用 LabVIEW 开发.

2 相关法测量相位差原理

假设有两个同频信号 $x(t)$ 、 $y(t)$, 都被噪声污

染,描述如下:

$$x(t) = A \sin(\omega_0 t + \varphi_0) + N_x(t)$$

$$y(t) = B \sin(\omega_0 t + \varphi_1) + N_y(t)$$

其中, A 、 B 分别为 $x(t)$ 、 $y(t)$ 的幅值; N_x 、 N_y 分别为噪声信号. 显然两信号的相位差为 $\text{phasedif} = \varphi_1 - \varphi_0$,但实际是无法知道 φ_1 和 φ_0 的.

而周期信号互相关函数的表达式为:

$$R_{xy}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) y(t + \tau) dt$$

其中, T 为信号周期,所以有:

$$R_{xy} = \frac{1}{T} \int_0^T [A \sin(\omega_0 t + \varphi_0) + N_x(t)] \times [B \sin(\omega_0(t + \tau) + \varphi_1) + N_y(t + \tau)] dt$$

当 $\tau = 0$ 时,

$$R_{xy}(0) = \frac{1}{T} \int_0^T [A \sin(\omega_0 t + \varphi_0) + N_x(t)] \times [B \sin(\omega_0 t + \varphi_1) + N_y(t)] dt$$

理想情况下,噪声和信号不相关,且噪声之间也不相关,积分后可知:

$$R_{xy}(0) = \frac{AB}{2} \cos(\varphi_1 - \varphi_0)$$

所以有:

$$\text{phasedif} = \varphi_1 - \varphi_0 = \arccos\left(\frac{2R_{xy}(0)}{AB}\right)$$

另外,根据自相关函数的定义可知,信号的幅

收稿日期: 2006—01—24

作者简介: 谢三毛(1965—),男,江西吉安人,副教授.

值和在延时 $\tau=0$ 时的自相关函数值有下述关系:

$$A=\sqrt{2R_x(0)}$$
$$B=\sqrt{2R_y(0)}$$

这样,通过两信号的自相关、互相关就可以求得他们的相位差.

而实际处理的是连续信号采样后的离散点序列,因而,计算相关函数所用的计算式相应地也应该是离散时间表达式,下面是相应的离散时间计算公式:

$$\hat{R}_{xy}[0]=\frac{1}{k}\sum_{n=0}^{k-1}x[n]y[n]$$
$$\hat{R}_x[0]=\frac{1}{k}\sum_{n=0}^{k-1}x^2[n]$$
$$\hat{R}_y[0]=\frac{1}{k}\sum_{n=0}^{k-1}y^2[n]$$

其中, k 为采样点数.

3 程序流程图

程序流程如图 1 所示:

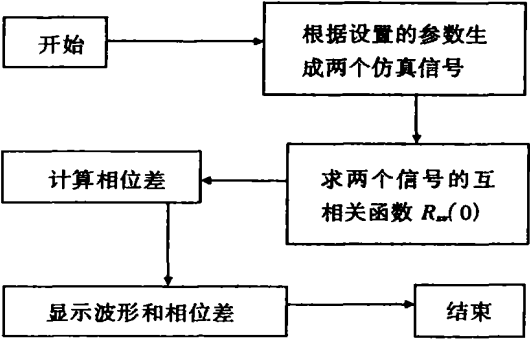


图 1 相关法程序流程图

4 设计步骤

4.1 前面板设计

放置三个数字控件,用于设置两个同频率正弦信号发生器的公共参数,分别为采样点数、采样频率、信号频率三个参数量.

放置四个数字控件,用于设置两个同频率正弦信号发生器的各自参数:信号幅值及其初始相位.

放置一个输出波形显示器,可观察两个信号的信号波形.

放置一个输出显示型数字控件,显示相位差测量结果,单位为度.

放置一个开关型控件,用于使用者运行或关闭

仪器.

设置完毕的虚拟测量相位差仿真仪前面板如图 2 所示.

4.2 流程图设计

在功能面板中通过 Functions / Singal Processing / Singal Generation / Sine Wave. vi 功能模块,取出两个虚拟正弦信号发生器.

执行 Functions / Singal Processing / Time Domain / CrossCorrelation. vi 操作,调入互相关图标.在流程图设计中用到了 Array 子模板上的 Index Arrey 图标,用来获取互相关函数值,该值是互相关函数图标第 $n-1$ 个输出值.互相关函数的所有的 $2n-1$ 个值都输入到 Index Arrey 中.

为得到相位差,执行 Functions / Numeric / Trigonometric / Inverse Cosine 操作,调入反余弦函数,并进而实现相应计算,将相位差由弧度转化为角度表示.

设计完毕的流程图如图 3 所示:

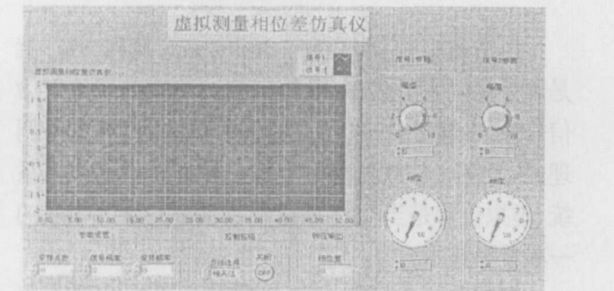


图 2 虚拟测量相位差仿真仪前面板

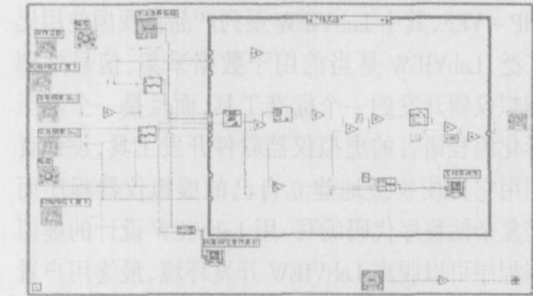


图 3 虚拟相关法测量相位差仿真仪流程图

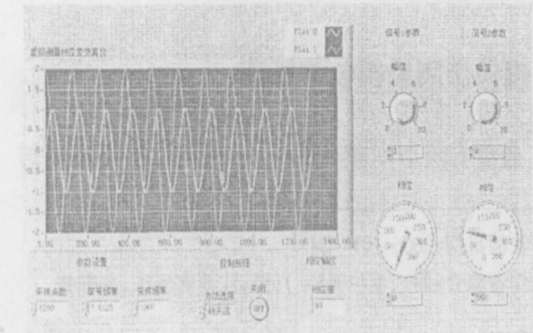


图 4 运行检验

5 运行检验

设置信号 1 幅值为 1 V, 初始相位为 0 度; 设置信号 2 幅值为 2 V, 初始相位为 90 度; 设置两个信号的频率均为 7.8125 Hz, 采样频率为 1 000 Hz, 采样点数为 1 280 点. 运行结果如图 4 所示, 图中显示得到的相位差为 90 度.

6 信号来源

以上分析的信号来自于信号仿真器, 而我们设计虚拟仪器主要用于分析和处理实测信号, 基于 LabVIEW 开发的虚拟仪器可以从数据文件读入实测信号数据, 也可以直接由数据采集卡采集数据, 数据采集卡是虚拟仪器重要的组成部分.

7 同频干扰信号的抑制

互相关函数有一重要性质: 如果两信号是同频周期信号或者包含有同频率的周期成分, 那么即使 $\tau \rightarrow \infty$, 互相关函数也不收敛并会出现该频率的周期成分; 如果两信号含有频率不等的周期信号, 则两者不相关, 即同频相关, 不同频不相关. 利用这一性质可消除干扰信号的影响, 现分析如下:

设有两信号 $x(t)$ 和 $y(t)$, 且:

$$y(t) = x'(t) + n(t)$$

其中 $x'(t)$ 与 $x(t)$ 同频, $n(t)$ 为干扰信号, 则 $y(t)$ 中有与 $x(t)$ 的同频成分, 所以 $x(t)$ 与 $y(t)$ 的互相关函数为:

$$R_{xy}(\tau) = R_{xx'}(\tau) + R_{xn}(\tau)$$

由于 $x(t)$ 与 $n(t)$ 相互独立, 故 $R_{xn}(\tau) = 0$, 则有 $R_{xy}(\tau) = R_{xx'}(\tau)$, 即通过互相关分析可消除噪声的影响.

8 小结

相位差测量是工程信号分析的基本任务之一. 由于噪声和信号不相关, 两噪声之间也不相关, 所以用相关法测相位差的抗噪声能力较强. 本设计基于 LabVIEW 7.1 采用互相关法测量并计算出两信号的相位差, 实现虚拟相位差仪的设计.

参考文献:

[1] 戴敬, 王世立. LabVIEW 基础教程[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.

[2] 刘君华, 贾惠芹, 丁晖, 阎晓艳. 虚拟仪器图形化编程语言[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2003.

[4] 黄长艺, 严普强. 机械工程测试技术基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.

[5] 杨乐平, 李海涛, 赵勇, 杨磊, 安雪滢. LabVIEW 高级程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.

The Design of the Virtual Phasemeter Based on cross Correlation

XIE San-mao

(School of Mechanical Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Virtual instrument (VI) is an important direction of instrument development. The LabVIEW is a kind of software development tool based on Graphics language. This paper analyzes the method of designing Virtual phasemeter based on CrossCorrelation with LabVIEW Graphics language.

Key words: virtual instrument; crosscorrelation; phase diffrence; LabVIEW; design