

# 基于虚拟仪器技术的谐波在线监测系统的设计与实现

## Design and Implementation of On-line Harmonics Monitoring System Based on Technology of Virtual Instrument

周志宇 李裕能 郭松梅 张霖

(武汉大学电气工程学院, 武汉 430072)

**摘要** 一种基于虚拟仪器技术的谐波在线监测系统的设计方法,可以用于电力系统谐波在线远程监测。文中论述了监测系统的硬件结构、软件平台及应用软件的工作模式。通过应用虚拟仪器技术和网络技术进行谐波测量和数据传输处理,并得出实验结果,从而实现了电力系统谐波远程监测的目的。

**关键词** 虚拟仪器 在线监测 谐波 DataSocket ADO

**Abstract** The method of an on-line harmonics monitoring system based on virtual instrument technique is introduced. It can be used in remote online harmonics monitoring of electric power. In this article, the hardware structure, software platform, and operation mode of application software are expounded. Through applying virtual instrument and network technologies, harmonics measurement and data transmission and processing are carried out and experimental results are obtained. Thus the purpose of remote monitoring of harmonics of electric power has been reached.

**Keywords** Virtual instrument On-line monitoring Harmonics DataSocket ADO

### 0 引言

谐波是衡量电能质量的一项重要指标。随着现代电力电子技术的发展,非线性负荷在电力系统中大量增加。这些非线性负荷会引起电网电压畸变,产生电网谐波。电网谐波对继电保护、计算机、测量或计量仪器以及通信系统等都有不利和不可预知的影响,并大大增加了电网中发生谐振的可能性,增加了电网损耗,降低了电气设备的效率和利用率,使电气设备运行不正常,加速绝缘老化,缩短设备的使用寿命等。谐波的实时准确测量能反映出电网的电能质量,以此为基础得出治理方案和相关技术措施。本文给出一种基于虚拟仪器技术的在线网络化实时谐波测量方法,即采用客户机/服务器模式,把大用户、变电站和发电厂等重要的谐波源作为监测站,由安装在监测站的虚拟仪器监测装置完成对电压和电流谐波数据的采集、处理、分析、管理、存储等任务,并由当地显示器显示测量结果,再通过网络把所需数据和结果送监测中心计算机作进一步分析和处理。

### 1 系统开发

系统总体结构如图 1 所示。从图中可看出系统开发需要同时考虑虚拟仪器技术和网络技术、以及硬件和软件技术几个方面。谐波电压、电流信号经传感器和信号调理电路后,由数据采集卡输入本地计算机进

行处理,并通过网络传输到异地的计算机监测中心。

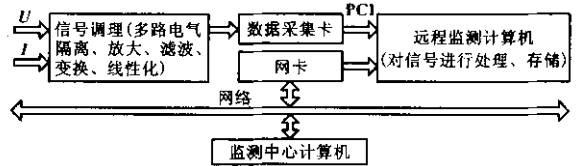


图 1 系统总体结构

#### 1.1 数据采集

数据采集由信号调理电路和数据采集卡两部分组成。信号调理电路主要功能是将电量转换成数据采集卡可以接受的电平,具体包括信号输入的多路转换、隔离、放大、滤波、线性化等。数据采集卡的精度和转换速率对系统的实时性、精确度具有重要影响,本系统采用高速磁盘流技术进行数据的采集,同时可将采集到的数据实时地记录到硬盘上,事后进行数据回放和分析。其步骤如下:

- ① 利用 Open/Create/Replace File.vi 打开或创建一个字节流数据文件;
- ② 利用 AI Config.vi 模块对 DAQ 设备进行配置;
- ③ 利用 AI Start.vi 模块设置扫描率并启动 DAQ 设备的数据采集功能;
- ④ 利用一个 While 循环以及 AI Read.vi 模块将采集到的数据不停地从 DAQ 设备的缓存中读出;
- ⑤ 将读出的数据写入数据文件中,同时送到前面板的波形图控件中进行波形显示;

⑥ 使用 Close File. vi 关闭数据文件,使用 AI Clear. vi 模块停止 DAQ 设备的数据采集,并删除相关配置 释放 DAQ 设备相关资源。

### 1.2 谐波分析程序

对一个以周期  $T = 2\pi/\omega_0$  的非正弦信号作傅立叶级数分解,可得到除电网基频以外的、各次频率是基频整数倍的信号分量(一般为 2~20)。现以电压  $U(t)$  为例分解如下:

$$U(t) = u_0 + \sum_{n=1}^{\infty} u_n \sin(n\omega_0 t + \varphi_n)$$

式中: $u_n \sin(n\omega_0 t + \varphi_n)$ 称为第  $n$  次谐波; $u_n$ 称为第  $n$  次谐波幅值。谐波频率与基波频率比值( $f_n/f_0$ )称为谐波次数。

计算机接受的是离散数字信号,基于谐波分析程序的核心算法是离散傅立叶变换。其数学表达式为

$$U(n) = \sum_{i=0}^{N-1} u(i) e^{-j2\pi ni/N} \quad n = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

计算离散 FFT 变换的工作量是巨大的,算法也是较复杂的,但美国 NI 公司 LabVIEW 软件开发平台为我们提供了专门用于谐波分析的软件包。借助于这些软件包,我们可以方便地设计自己所需的各种计算程序。现举出一例如图 2 所示。

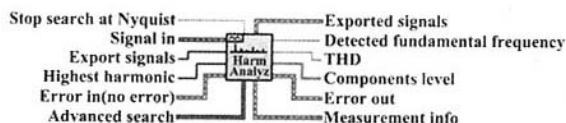


图 2 Distortion Analyzer. vi 波形测量法

部分功能解释如下:

stop search at Nyquist 为奈奎斯特截止频率(实验中设为 10000Hz);

Signal in 为输入信号;

Highest harmonic 为设置测量的最高次谐波次数(实验中设为 20);

Detected fundamental frequency 为测量得到的基频值;

THD 为谐波畸变率,

$$THD = \frac{\sqrt{A(f_2)^2 + A(f_3)^2 + \dots + A(f_N)^2}}{A(f_1)}$$

式中: $A(f_n)$ 为第  $n$  次谐波幅值。

Components level 为测得的谐波幅值和对应的频率。

在计算谐波时需要说明的是:①采用整周期或准周期采样以减少泄露误差和栅栏效应的影响;②采用数据加窗处理减少泄露误差;③必要时可以利用插值算法来减小栅栏效应的影响。但是对于谐波分析 VI,

只要采样波形具有若干个整周期后,其分析结果就能接近于整周期采样的结果。

### 1.3 用 DataSocket 技术实现网络通信

DataSocket 是 NI 公司提供的一项网络测控系统开发技术,可用于一个计算机内或者网络中多个应用程序之间的数据交换,这项技术面向测量和自动化,用于共享和发布实时数据,能实现实时数据传输如图 3 所示。



图 3 远程数据采集系统组成示意图

DataSocket 实际上是一个基于 URL 的、单一的、一元化的末端用户 API,是一个独立于协议、语言以及操作系统的 API,包括了 DataSocket Server Manager、Data Socket Server、Data Socket 函数库这几个工具软件,以及 DSTP(datasocket transfer protocol,datasocket 传输控制协议)、通用资源定位符 URI(uniform resource locator)和文件格式等技术规范。

### 1.4 利用 DataSocket 技术实现远程通信

① 设置 DataSocket Server Manager。这是一个独立运行的小程序,主要功能是设置 DataSocket 服务器可连接客户程序的最大数目和可创建数据项的最大数目,设置用户和用户组,设置用户可创建数据项(data item)和可读写数据项的权限。它可以与测控应用程序安装在同一台计算机上,也可以分装在不同的计算机上;

② 设置 DataSocket Server。这也是一个独立运行的小程序,它能为用户解决大部分网络通信方面的问题。负责监管 Data Socket Server Manager 中所设定的各种权限与客户程序之间的数据交换;

③ 设计客户机和服务器上的通信软件。在 LabVIEW6i 以上版本中,所有控件都有一个叫 DataSocket Connection 的特殊属性,可以实现不同计算机上相对应的两个甚至多个不同类型控件之间的通信。如图 4 所示。

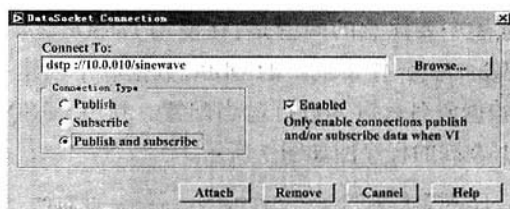


图 4 DataSocket Connection 设置

配置对话框的 Connect to 栏中填写的是该控件用于 DataSocket 通信的 URL 地址,Connection type 用于设

置客户机和服务器中控件连接类型。对于客户机和服务器上两个类型相同的控件,若选用 Publish and Subscribe,且有相同的 URL 地址,则这两个控件就连接起来了。这两个控件的值会完全保持同步,其中一个发生了变化,另一个也会发生同样的变化。利用这种特性就可以将已有的谐波监测应用程序改造成具有远程数据采集、处理功能的在线监测应用程序。先创建服务器端软件,客户端软件建立在服务器软件的基础上,其创建方法很简单,只要将服务器端软件前面板上所有的控件都复制到一个新的 VI 中并存盘即可。为了能通过客户端软件对采集到的数据进行分析 and 处理存储,并在客户端软件中进行相应的编程,可以在服务器端对采集到的数据进行存储,在需要时传到客户端进行分析和处理,也可以建立数据库服务器。客户端简化程序框图如图 5 所示。

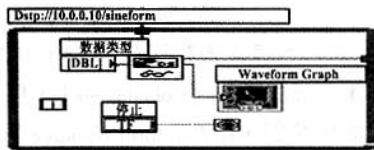


图 5 客户端通信程序

### 1.5 数据库访问技术

在对谐波源进行长时间连续监测时,其数据量是庞大的,同时为了以后作进一步的分析和处理,必须创建一个数据库来管理测试任务、存储测试数据并且能够总结测试结果,因此数据库访问技术显得十分重要。在此使用免费 LabVIEW 数据库访问工具包 LabSQL,并利用 Microsoft ADO 以及 SQL 语言来完成数据库访问,如图 6 所示。

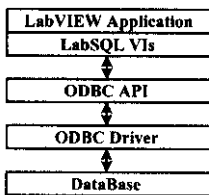


图 6 LabVIEW 与数据库之间的结构层次图

实验中要注意的问题是:在使用 LabSQL 之前,首先在 Windows 操作系统中的 ODBC 数据源中创建一个 DSN(数据源名),对其进行适当配置。利用 LabSQL 进

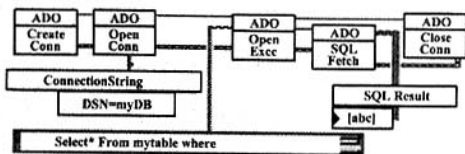


图 7 数据查询程序

行数据查询的程序图如图 7 所示。

其实现流程为:

- ① 建立与数据库的连接;
- ② 执行 SQL 查询;
- ③ 获取查询结果;
- ④ 断开与数据库之间的连接。

### 1.6 实验仿真结果分析

本实验采用一路电压为方波的输入信号进行了谐波分析仿真,并利用个人计算机模拟客户机/服务器工作模式,通过客户机监测到了服务器的波形、分析结果并实现了两者间的通信。

方波的傅立叶分解形式为

$$f(t) = 4/\pi \sum_{n=2k+1}^{\infty} \frac{1}{n} \sin n\omega_0 t \quad (k = 0, 1, 2, \dots)$$

表 1 为采用方波输入信号进行仿真计算所得谐波幅值与理论幅值的比较结果(计算所得偶次谐波接近于 0 与理论值相符)。

表 1 谐波幅值与理论幅值

谐波次数	1	3	5	7	9
测量幅值	1.2700	0.4246	0.2549	0.1823	0.1419
理论幅值	1.2732	0.4244	0.2456	0.1819	0.1415
绝对误差	0.0032	0.0002	0.0096	0.0004	0.0004

谐波次数	11	13	15	17	19
测量幅值	0.1163	0.0986	0.0857	0.0758	0.0680
理论幅值	0.1157	0.0979	0.0849	0.0749	0.0670
绝对误差	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010

由表 1 可知,采用虚拟仪器技术测量电网谐波精度是很高的,完全满足电能质量国家标准的要求。

## 2 结束语

随着现代计算机技术和网络技术的飞速发展,结合虚拟仪器技术,采用先进技术手段,建立供电系统电能质量的远程、集中监测和分析系统,对实时综合监测电能质量、保证供电系统安全运行,具有重要的理论和实际意义。

### 参考文献

- 1 贾克斌. 计算机网络技术对测控技术发展的促进作用. 测控技术, 1998, 17(4)
- 2 刘君华. 现代测试技术. 西安交通大学出版社, 1999
- 3 LabVIEW Express User Manuals. USA National Instruments Corporation, 2003

收稿日期 2005-03-11。

第一作者周志宇,男,1975 年生,1999 年毕业于三峡大学电气工程及其自动化专业,获学士学位,现为武汉大学在读硕士研究生,助理工程师,主要研究方向为电力系统监测与控制技术。