

文章编号 1000-0747(2000)01-0000-00

虚拟仪器在电力系统谐波测量中的应用

姜本刚 刘永清 吴今培

华南理工大学自动控制工程系 广东 广州 510640 暨五邑大学智能技术与系统研究所 广东 江门 529020

摘要 从软件与硬件两方面实现了应用于电力系统谐波测量的虚拟仪器系统。仿真结果表明该系统提高了谐波测试的实时性和准确性。

关键词 虚拟仪器；谐波测量；数据采集

中图分类号 TP13 文献标识码 A

Application of Virtual Instrument in Harmonic Measurement in Power System

姜本刚 刘永清 吴今培

华南理工大学自动控制工程系 广东 广州 510640 暨五邑大学智能技术与系统研究所 广东 江门 529020

Abstract: A virtual instrument system for harmonic measurement in power system is realized from both software and hardware aspects. Simulation results show that the system improves the real-time and accuracy of harmonic measurement.

Key words: virtual instrument; harmonic measurement; data acquisition

1 引言

由于各种非线性电力电子元件的广泛应用，电网的波形发生了畸变，产生了频率为基波频率整数倍的谐波。各种谐波源产生的谐波对电力系统环境造成污染，影响到整个电力系统的电气环境。谐波污染能对电力设备产生严重的危害，因此必须对谐波进行治理。治理谐波的先决条件是对谐波的监测和测试。现有的谐波测试系统大都采用硬件形式来实现的。本文采用虚拟仪器的思想用软件实现了电力系统谐波的测试，充分利用了现代的计算机技术，仿真结果表明它是可行的。

所谓虚拟仪器，也叫计算机个人仪器，它是计算机应用技术发展的产物。在近代电子测量技术中，如把微计算机和智能仪器有机地结合起来，充分利用计算机丰富的软硬件资源，以实现测试系统全面的控制和管理，将大大提高智能仪器的灵活度。如将个人仪器做成插卡形式，插入计算机的总线扩展槽中与计算机总线相接，从而利用计算机的软件资源，使仪器功能更加强大。在传统仪器中，电路功能的改变是将电路硬件结构加以改造而获得，而在虚拟仪器中，则可通过编制软件使仪器功能得以扩展。故又有“软件即仪器”的说法。自 1980 年美国成功研制第一

台虚拟仪器以来，其发展十分迅速。我国有些科研单位及高等院校也十分重视虚拟仪器的发展。如清华大学、北京大学、国防科技大学等。

2 电力系统谐波分析原理

在电力系统中，对于周期为 T 的非正弦电量，下面以电压 $u(Xt)$ 为例，在满足狄里赫利条件下，可分解为如下形式的傅立叶级数：

$$u(Xt) = a + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \sin(nXt + U_n) \quad (1)$$

式中频率为 nX ($n=1, 2, \dots$) 的项即为谐波项。

模拟信号的连续时间频谱可以表示为：

$$U(X) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) e^{-j\omega t} dt \quad (2)$$

$u(t)$ 经采样后变为 $u(nT)$ ， T 为采样周期。离散信号 $u(nT)$ 的傅立叶变换可以表示为：

$$U(k) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} u(n) e^{-j\frac{2\pi}{N}kn}, k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (3)$$

工程上常要求给出电压或电流畸变波形所含某次谐波的含有率，以便监测和采取抑制措施。

电压畸变波形的第 n 次谐波电压含有率为：

$$HRU_n = \frac{U_n}{U} \times 100\% \quad (4)$$

电流畸变波形的第 n 次谐波含有率为：

$$HRI_n = \frac{I_n}{I} \times 100\% \quad (5)$$

在实际工作中常用频谱幅频特性来表示谐波含有率。

收稿日期 2000-01-10

基金项目 广东省自然科学基金资助项目 970100000000000000

作者简介 姜本刚，男，河南省许昌人，硕士研究生，主要从事电力系统谐波测量及抑制的研究。

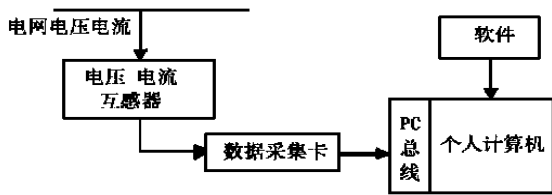


图 4 谐波测试原理框图

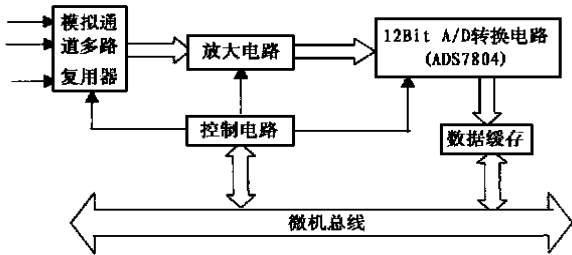


图 5 采集卡结构图

3 系统总体设计方案

该系统的总体设计框图如图 4 所示，主要包括硬件和控制软件两大部分。系统工作原理简介：经过电压或电流互感器的电压或电流信号经数据采集卡处理后送到计算机的总线，我们通过软件编程的方法对所得的数据进行计算、存储和显示。

4 主要硬件模块介绍

系统采用 16 通道数据采集卡进行数据采集。数据采集卡是本系统的核心部件，它主要完成数据的采集、A/D 转换和存储。

该采集卡是一块 16 通道、16 位的设备，其主要特点是能在 PC 或 32 开发环境中连续、高速的获取数据，具有采样保持电路和 16 位 A/D 数据传输，能够大批量无遗失的传输数据。下面简要介绍一下与 A/D 转换和数据传输有关的部分，结构图如图 5 所示，其有关参数和性能指标如下：

- 1. A/D 转换芯片：ADS7804
- 2. 模拟量输入通道：16 个，可选择扫描通道数
- 3. 采样频率：最高 100 kHz
- 4. 模拟信号输入范围：±10V
- 5. 输入阻抗：10⁶ Ω
- 6. A/D 转换时间：1 μs
- 7. 数据传输模式：程序控制传输、中断传输、并行传输

5 软件开发和设计

本系统的软件开发包括：数据采集程序、数据处理程序以及结果显示程序。在随数据采集卡所附的驱动程序的基础上，我们采用 Visual Basic 编写了采集卡数据采集和传输程序。数据传输采用了并行传输方式，把采集卡上的数据直

接存入控制微机的内存，进而进行控制传输。传输的基本特点是不经过 CPU，不破坏 CPU 内各寄存器的内容，直接实现存储器与 I/O 设备之间的数据传输。所以并行传输方式特别适合用于外部设备和存储器之间高速成批的数据传输。

数据处理程序采用 C 语言编写的，由此计算出输入信号所含的各次谐波的幅值和各次谐波含有率，然后经结果显示程序在计算机屏幕上显示出来。

本系统利用 Visual Basic 强大的面向对象编程的优点，编写了友好的用户界面程序，使用者可以根据测试精度的要求选择采样频率、输出波形的方式等。

6 仿真结果

我们在实验室对上述系统进行了仿真，我们采用的信号是三相全控桥式整流电路的电网电流，经电流互感器后采样，采样频率为 100 kHz。图 6 和图 7 是仿真结果的一部分。由仿真图像可以看出，仿真结果和理论计算相符。同时，由于在数据传输过程中采用并行方式，在数据处理的过程中采用软件的方法，其实时性和准确性都得到了保证。仿真结果表明，利用软件编程实现的虚拟仪器在谐波测量中的应用是可行的，结果是正确的。

7 结论

我们通过微机配上数据采集、信号调理等硬件，用软件来完成控制及分析处理功能，采用虚拟仪器思想实现了对电力系统谐波的测试。与传统的仪器相比，虚拟仪器直接以微机为支撑，充分利用了现代计算机技术强大的数据运算、存储、调用、显示能力以及面向对象的编程方法。结果表明它是完全可行的。

（下转第 100 页）

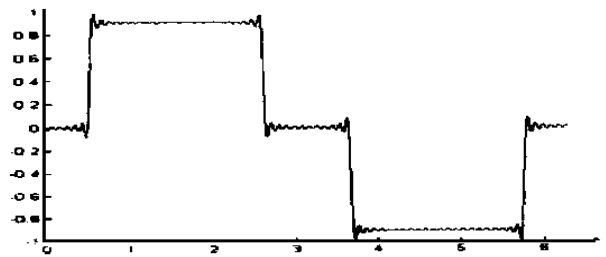


图 6 交流侧电流波形

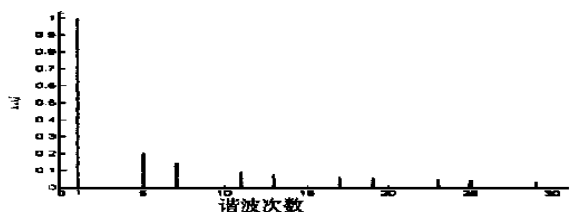


图 7 交流侧电流的幅度频谱

表 4 车辆速度数据

车辆速度 v/km/h	车辆本身 通过所需 周期数	车辆间距 L/km	车辆间距 所需周期数
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24

范围内 ① 车辆本身通过探头至少需要 2 个检测周期 ② 而车辆通过两车之间的间隔至少需要 1 个检测周期 ③ 实际测试结果与理论推导值相同 ④ 在信号处理过程中 ⑤ 利用车辆反射的回波信号可以计算车辆的高度 ⑥ 从而进行车辆分型 ⑦ 利用路面反射的回波信号来记录车辆首尾的通过时间 ⑧ 从而进行车辆计数 ⑨ 在忽略干扰信号的理想状态下 ⑩ 接收波形将是整齐的一段车辆回波脉冲串 ⑪ 一段路面回波脉冲串 ⑫ 但实际上 ⑬ 由于环境因素 ⑭ 不论是车辆回波脉冲串还是路面回波脉冲串 ⑮ 都有可能受到干扰 ⑯ 正确的信号脉冲可能收不到 ⑰ 也可能出现相移 ⑱ 为了克服干扰产生的误差 ⑲ 我们采用了模糊识别技术 ⑳ 车辆反射面不可能突变 ㉑ 而路面更是相对平整 ㉒ 若在某一脉冲串中缺少脉冲或出现相移 ㉓ 则必定是干扰所致 ㉔ 在程序中则将几个相邻的脉冲作为一组 ㉕ 以前一个判断为依据 ㉖ 结合本脉冲串中数量多的那种脉冲进行判断而得出正确结果 ㉗ 例如 ㉘ 若前一组脉冲串被判断为车辆间距 ㉙ 则本组脉冲串必定是车辆的车长 ㉚ 反之亦然 ㉛ 这样可以有效排除干扰 ㉜

4.1 自动标定检测单元高度

通常视超声波为一个常数 ① 在系统初始化时 ② 用其乘以各检测单元路面回波到达时间 ③ 即可自动标定各检测单元的架设高度 ④ 因为系统的各个检测单元都是架设在路面上空 ⑤ 有的还可能与路面上空其它标志共用一个架设横杆 ⑥ 因而架设高度不可能完全一致 ⑦ 若不能自动标定各检测单元的架设高度 ⑧ 则势必要根据不同的高度设计生产特定的产品 ⑨ 否则必将造成车高测量误差或产品的使用范围受到限制 ⑩ 本系统的这一特点 ⑪ 可以大大提高产品的批量生产能力 ⑫ 降低成

本 ⑬ 测速用两检测探头之距离由按键设定 ⑭

⑮ “1” 通过计算可以获得机动车车速！车长！车辆大小分型等复合信息

⑯ ⑰ 运动物体的速度！

⑱ ⑲ 运动物体的长度！

⑳ ㉑ 根据运动物体的速度和长度 ㉒ 判断是否为机动车 ㉓ 根据遮挡物的高度和长度 ㉔ 与信息融合单元中预存的机动车特征数据相比较 ㉕ 即可进行机动车的大中小分型 ㉖

① 检测车速！车长！车辆大小分型和累计车流量可利用 ② 应用声学 ③ 所记载的方法 ④ 而要测量红灯时路口的等车队长度则需要把信息检测探头设在路口上游一定距离处 ⑤ 并把路口红灯起始时间告知本检测器 ⑥ 使其根据所测车速估算红灯信号起始时的可能受阻车辆数 ⑦ 以及累计后续到达的车辆 ⑧ 从而得出红灯时路口的等车队长度 ⑨

⑩ 系统可以累计机动车通过的数量作为本车道的车流量 ⑪ 可以把有车时间和无车时间相比得到本车道的车流密度 ⑫ 可以把相临车距小于给定值的机动车视为一个车队 ⑬ 并计算其时间长度！空间长度和车辆总数 ⑭ 系统可连接多个车道上的多个检测单元 ⑮ 融合记录各车道！各方向的机动车的车流量！车流密度！车队长度 ⑯

4 结束语

① 本系统检测单元悬挂在车道上方 ② 能够随道路拓宽或车道变更而自由移动位置 ③ 故对于经常变更道路或自由移动检测位置的管理机构尤为适用 ④ 本系统具有测量精度高！分型准确！结构简单！安装方便！维修容易！成本低！耗电少等优点 ⑤ 可广泛用于交通调查！交通管理！交通信号控制以及路！桥收费等系统 ⑥ 是一种较理想的交通流量检测系统 ⑦

参考文献 ①

② ③ 段里仁 ④ 城市交通自动控制 ⑤ ⑥ 北京 ⑦ 中国人民大学出版社 ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿

① 上接第 7 页

参考文献 ①

② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿

①

② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿