

基于 LabWindows/CVI 的电子式互感器数字输出分析仪

燕 沙, 李红斌, 张 艳

(华中科技大学电气与电子工程学院, 湖北 武汉 430074)

Electronic Transformer Digital Output Analyzer Based on LabWindows/CVI

YAN Sha, LI Hong-bin, ZHANG Yan

(School of Electrical and Electronic Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

摘要: 介绍了电子式互感器的数字输出, 并针对当前没有专门工具检测分析合并单元数字输出帧的情况, 在 LabWindows/CVI 虚拟仪器平台上开发了一种数字输出分析仪, 利用以太网卡采集电子式互感器合并单元数字输出信号, 对信号进行分类与重组, 实现波形显示、数据存储与分析等功能。实验表明, 该仪器分析和处理的结果真实可靠并且成本低、设计简单、操作方便, 是实验室开发电子式互感器合并单元的有效测试工具。

关键词: 电子式互感器; 合并单元; 数字输出; 虚拟仪器; 以太网卡

中图分类号: TM45

文献标志码: A

Abstract: Up to now, there are no special tools to analyze and detect the digital output of combination unit. This paper introduced the digital output mode of electronic transformer, and developed an analyzer based on LabWindows/CVI. The analyzer acquired signals from the transformer's digital output port by network interface card, sorted and recombined the signals, and finally realized displaying waveform, saving and analyzing data etc. functions. The analyzer is an effective testing tool for developing the electronic transformer combination unit in laboratory.

Key words: electronic transforms; merging unit; digital output; virtual instrument; network interface card(NIC)

0 引言

电子式互感器的数字输出是数值的序列, 是一种新的输出形式。数字信号在传输过程中不易受干扰, 提高了系统的准确度和可靠性, 便于与数字设备接口, 符合电力系统数字化的发展趋势。数字输出口将瞬时电流电压的数字信号以指定帧形式封装, 传送到计量和保护设备。在研制电子式互感器合并单

元的过程中, 需要观察和检验其输出。电子式互感器采用以太网输出, 但传统的示波器无法与以太网输出口直接连接, 且只能完成信号的简单重复显示, 不具备对采集信号进行分类和重新组合的功能, 不能满足测试的需要, 故有必要研究其他测试和分析方法。笔者给出了一种在 LabWindows/CVI 虚拟仪器平台下开发的简单分析测试方法。

1 电子式互感器的数字输出

电子式互感器定义了一个新的物理单元——合并单元。它接受来自二次转换器的电流和电压信息并将其转换为标准输出, 同时使收到的同一协议的信号同步。合并单元将 7 路电流信息(3 路测量, 3 路保护, 1 路备用)和 5 路电压信息(3 路测量、保护, 1 路母线, 1 路备用)合并为一个单元组, 并将输出的瞬时数字信号填入同一个数据帧中。数字输出的电子式互感器与计量和保护等外部设备的通讯通过合并单元实现^[1]。

电子式互感器的数字输出有两种技术方案: 一种是采用 IEC 61850-9-1 《变电站通讯网络和系统协议》^[2] 描述的以太网接入方式, 按照 ISO/IEC 8802.3 协议规定的帧格式进行数据封装, 并通过 TCP/IP 协议实现数据传输; 另一种是采用点到点链接方式, 并按照 IEC 60870-5-1 规定的 FT3 数据帧形式封装, 实现数据传输。

随着现代电网结构日趋复杂, 电网容量不断扩大, 实时信息传送量成倍增多, 对数据通信提出了更高的要求。基于不同通信协议的 IED 难以实现无缝集成和互操作, 为此 IEC TC57 工作组制定了未来远动的无缝通讯体系 61850⁺, 将从信息源(变电站的过程)直到调度中心采用的传输规约统一到 61850⁺

收稿日期: 2007-01-19; 修回日期: 2007-05-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50377011)。

作者简介: 燕 沙(1980-), 男, 硕士研究生, 从事电子式互感器数字输出和处理方面的研究。

中,其中变电站内的网络采用 IEC 61850 协议。因此,所设计的电子式互感器数字输出采用了文[2]描述的以太网接入方式,按照 ISO/IEC 8802.3 协议规定的帧格式进行数据封装,并通过 TCP/IP 协议实现数据传输,以便实现与变电站内不同 IED 的互操作。ISO/IEC 8802.3 协议规定的帧格式见图 1。图中 PR 为前导码;SD 为帧首定界符;DA 为目的地址;SA 为源地址;TPID 为协议验证标志;TCI 为控制信息标志;TYPE 为帧类型;PDU 为协议数据单元;APCI 为应用协议控制信息;ASDU 为应用服务数据单元;SI 为状态标志段;FCS 为帧校验序列。其中,ASDU 包含了三相电压和电流、中性电压和电流、额定相电压和相电流、额定中性电流、额定延迟时间、状态字、采样率、采样计数器等信息。研制的数字输出分析仪的主要功能就是从上述帧数据中提取每一个采样时刻的电流、电压值,进行重组,还原出被测电流、电压信号。

PR	SD	DA	SA	TPID	TCI	TYPE	PDU	APCI	ASDU	SI	FCS
7Byte	1Byte	6Byte	6Byte	2Byte	2Byte	2Byte	8Byte	4Byte	46Byte	23Byte	4Byte

图 1 ISO/IEC 8802.3 以太帧格式

2 数字输出分析仪的设计

2.1 数字输出分析仪概述

数字输出分析仪是一种虚拟仪器,对系统的配置要求很低,可以运行在具有网卡的安装了 Windows 系列操作系统的 PC 机上。数字输出分析仪采用 LabWindows/CVI 软件设计,它是 32 位的面向计算机测控领域的虚拟仪器软件开发平台,可以在多操作系统下运行。LabWindows/CVI 具有以 ANSI C 为核心的交互式虚拟仪器开发环境 [3,4],它将功能强大的 C 语言与测控技术有机结合,具有灵活的交互式编程方法和丰富的库函数,为熟悉 C 语言的开发人员提供了一个理想的软件开发平台,是实现虚拟仪器及网络化仪器的快捷途径。数字输出分析仪软件主要包括数据采集、波形显示、参数测量等模块,其系统框图见图 2。

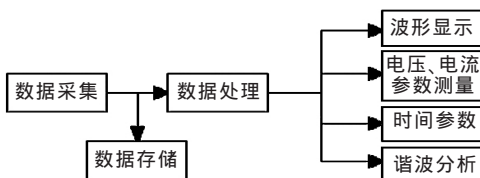


图 2 分析仪软件框图

2.2 帧数据流的捕获

为了得到电子式互感器合并单元发出的以太网数据帧,采用 WinPcap 软件进行数据的捕获 [5]。WinPcap 是由意大利人 Fulvio 和 Loris Degioanni 等提出并实现的应用于 Win32 平台的数据包捕获与分析软件包,它可以对操作系统的核心层网络系统

进行重写,并具有强大的数据包捕获能力及高效率。该软件包提供了一系列的 C 函数接口,为网络底层提供了高层接口,在通用计算机平台得到了广泛应用。笔者将 WinPcap 提供的函数移植到 LabWindows/CVI 中,实现了两者的融合。

WinPcap 的基本结构见图 3,其实现可分为 3 部分:一个过滤器;两个缓冲区(内核态缓冲和用户态缓冲);一组用户级的库函数。

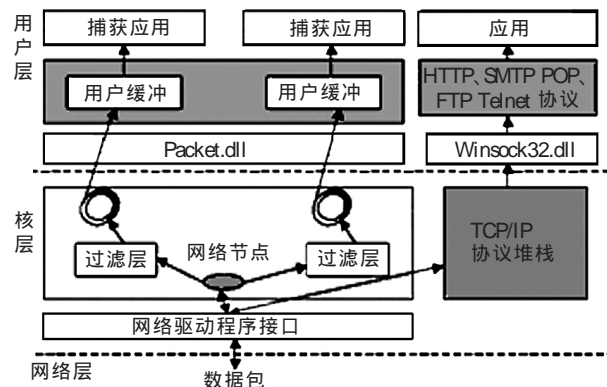


图 3 WinPcap 结构图

在 WinPcap 的 3 个组成部分中,缓冲区的大小直接影响数据的捕获能力。WinPcap 采用循环缓冲方式作为内核缓冲,可以一次复制多个数据包 [6]。其内核缓冲区的默认值是 1 MB。如果缓冲区较小,在一个限定的时间间隔中,当应用程序的读取速度跟不上驱动的捕获速度时就会出现丢包现象,而这种情况在将数据传输到磁盘或者出现一个突发性的数据量的时候是常见的。与内核缓冲区相比用户的缓冲区比较小,它的默认值是 256 kB。用户级的缓冲区决定了在一次系统调用中能从内核复制到用户空间的最大的数据量。

对于电子式互感器数字输出的接收端,必须保证不丢包,能够收到每个采样时刻的瞬时值,这就要协调好应用程序与网卡中数据到来的速度差异,提高系统总体的处理速度。在 WinPcap 中将缓冲区适当加大可以缓解应用程序读取缓冲区中的数据和网络数据到来之间的速度差异,但是如果对每个到来数据包都进行读写磁盘操作,浪费大量的处理时间,难免丢失数据。笔者采用块处理技术,将输入样本先行缓冲,等到所有的输入停止后,再提取缓冲的输入样本一起进行计算,多数数字信号处理算法都应用了这个方法。将所有的样本存储在高速存储器中,可以减少频繁读写存储器带来的额外开销,获得较高的处理速率。WinPcap 提供了很多函数接口将流经网络的数据包保存到一个堆文件中并读取堆的内容,这种文件的格式很简单,但包含了捕获数据包的二进制内容。

利用网卡采集数据主要完成以下几个方面的工作:①从注册表中读取网卡名,得到与其适配的现有

网络列表和描述。②打开指定的网卡；③设置过滤器，将网卡设置为混杂模式，这样就可以收集到所有流过本机的数据信息；④打开文件；⑤循环捕捉数据并调用 WinPcap 提供的函数将数据存储到堆文件。

2.3 帧数据的重组及处理

WinPcap 捕获的帧数据流中包含了前导码、帧首定界符、目的地址、源地址等与三相电流、电压采样值无关的冗余信息，必须对采集到的以太网数据包进行信息分类和重组，得到各相电流、电压、额定延迟时间、采样率等信息。其过程见图 4。

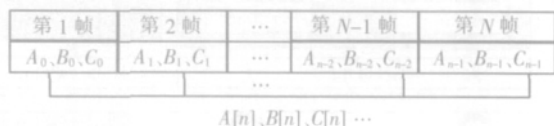


图 4 帧信息重组示意图

对帧数据的重组主要由后台的处理程序完成，在程序中重新定义数据结构体和接收信息数组。WinPcap 采集到的数据堆文件是连续的帧信息，ANSI C 提供了丰富地文件操作函数，笔者利用 fopen() 函数打开堆文件，fread() 函数将二进制帧信息读取到结构体中，建立结构体指针，利用它分别抽取每一帧信息中的电压、电流、采样率等信息，构成新的电压、电流数组，实现了帧信息的分离与重组，对每一个独立的数组就可以方便地进行各种运算。

合并单元中数字输出口一直向外传送数据，该分析仪只是截取了一个时间段内的数据进行抽样分析，得到的信号是有限长度的离散时间信号，从中取一个周期来计算各次谐波的幅值和相位。针对工频量，计算幅值和相位的算法很多，笔者采用 DFT 算法。

$$A_h = \frac{2}{N} \sum_{i=0}^{N-1} f(i) \cos \frac{2}{N} kh; B_h = \frac{2}{N} \sum_{i=0}^{N-1} f(i) \sin \frac{2}{N} kh;$$

$$h=0, 1, 2, \dots, N-1.$$

其中 N 为采样点数，f(i) 为采样值。各次谐波基波幅值 C_h 和相位 ϕ_h 为

$$C_h = \sqrt{A_h^2 + B_h^2}; \phi_h = \arctan(A_h/B_h)$$

2.4 实验结果

利用该方法设计的分析仪，其前台操作界面见

图 5。连接电子式互感器合并单元，测试其中一路互感器信号，点击“信号采集”按钮进行数据采集，然后传递给后台进行数据处理，LabWindows/CVI 函数库中提供了专门的绘图函数，只需构成信号数组，即可完成波形的绘制。实验结果见图 5，从测试结果来看，其显示波形的基波幅值等各项指标与所加测试信号一致，说明该分析仪设计合理，测试准确。

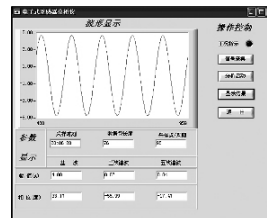


图 5 实验测量结果

3 结语

针对电子式互感器采用以太网输出的形式，在没有专门测试工具的情况下，引入虚拟仪器技术，设计开发了虚拟分析仪，结合自制的合并单元，测试了电子式互感器数字输出的性能。实验表明该虚拟分析仪所分析和处理的结果真实可靠，并且其成本低廉、操作简单、易于维护，是开发电子式互感器合并单元的有效测试工具，可以在实验室广泛应用。

参考文献:

- [1] 李 萌, 李红斌, 冯 凯. 基于嵌入式以太网的电子式互感器数字输出[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(13): 93-95.
- [2] IEC 61850-9-1. Communication Networks and Systems in Substations. Part9- 1: Specific Communication Service Mapping (SCSM)-sampled Analogue Values Over Serial Unidirectional Multidrop Point to Point Link[S]. 2002.
- [3] 孙晓云, 郭立炜, 孙会琴. 基于 LabWindows/CVI 的虚拟仪器设计与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [4] 刘君华. 基于 LabWindows/CVI 的虚拟仪器设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [5] DEGIOANNI L, TORINO P D. The NetGroup at politecnico di Torino[Z]. WinPcap Documentation3.0, 2003.
- [6] 李雪莹, 刘宝旭, 许榕生. 基于 WinPcap 的网络监控系统性能优化[J]. 计算机工程, 2004, 30(1): 8-9.
- [4] 王 雪, 张冠军, 严 璋. 国内高压绝缘子在线检测方法综述[J]. 电磁避雷器, 2002(6): 3-5, 8.
- [5] 江秀臣, 李 锋, 傅正才, 等. 低劣值绝缘子判断方法的研究[J]. 高电压技术, 1995, 21(3): 72-74.
- [6] 刘正响, 黄长学. 500 kV 输电线低劣值绝缘子对分布电压的影响及判断方法的研究[J]. 高电压技术, 1992, 18(2): 24-27.
- [7] DL/T 626-2005. 中华人民共和国电力行业标准 劣化盘形悬式绝缘子检测规程 [S]. 中华人民共和国国家发展与改革委员会, 2005.
- [8] 吴光亚, 王铁街. 劣化绝缘子对长串绝缘子电压分布的影响[J]. 高电压技术, 1997, 23(4): 59-60.

(上接第 199 页)

表 2 220 kV、18 片绝缘子串测量结果

片号	电压/kV	片号	电压/kV	片号	电压/kV	总和/kV
1	25.9	7	5.5	13	2.4	126.7
2	18.6	8	4.6	14	2.3	
3	15.3	9	4.2	15	2.1	
4	11.9	10	4.1	16	2.2	
5	9.2	11	3.1	17	2.4	
6	7.1	12	2.7	18	3.1	

- [2] 陈学东. 对运行中瓷绝缘子零值劣化若干问题的探讨 [J]. 广东电力, 1998, 11(4): 68-71.
- [3] 彭育俊. 浅谈输电线路的电晕干扰 [J]. 中国科技信息, 2005 (21): 127.