

基于 Wince 嵌入式内核的新型电力参数实时测量系统

尚秋峰, 陈于扬, 姚国珍, 李灏

(华北电力大学电子与通信工程系, 河北 保定 071003)

摘要: 针对电力系统中电能参数测量的具体要求, 设计了基于 WinCE 嵌入式内核的电力参数测量系统。硬件设计采用 ARM+DSP 主从处理器构架, 高性能的双核处理器结构实现对数据的快速、精确处理, 以实现电能参数实时在线测量; 运行于 WinCE 操作系统平台上的主控软件完成电力参量数据的显示、存储和管理, 提供了人机友好交互的操作界面。基于模块化的设计思想, 降低了系统复杂性, 便于维护和更新。该系统能够为电力调度、检修提供服务, 保证电网安全与经济运行。

关键词: 电力系统; DSP; ARM; 嵌入式 WinCE; 电力参数

A novel real-time power parameters measurement system based on embedded Wince- kernel

SHANG Qiu-feng, CHEN Yu-yang, YAO Guo-zhen, LI Hao

(Department of Electronic and Telecommunication Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: According to the specific demand of electric power system parameter measurement, a novel system based on embedded WinCE is designed. In this solution, architecture of ARM as host processor and DSP as co-processor is embodied, and the high performance dual-core architecture can realize fast and accurate data processing, so as to realize electric parameter real-time online measurement. Electric parameter can be displayed, storied and managed by main control software running on WinCE-based operating system platforms, providing a friendly man-machine interaction interface. Modular-based design method, which reduces system complexity, can facilitate equipment maintenance and renewal. The system is able to provide power dispatching, repair services, ensuring grid security and economic operation.

Key words: power systems; DSP; ARM; embedded WinCE; power parameters

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)22-0183-03

0 引言

随着近年来电力电子技术的迅速发展,在化工、冶金、电力传送、电气化铁道等行业,以及家用电器中非线性负荷的使用日渐增多,特别是一些大功率整流设备和电弧炉的大量应用,导致在电力系统中产生大量谐波,并引起电压、电流波形发生畸变,不仅严重危害供电设备和电器仪表,同时也会对电力系统本身造成不良影响和危害,使供电质量不断下降,损害电力用户的利益^[1-3]。

因此对电力系统参数准确快速地测量,才可以掌握供电线路和设备运行状态,发现电网中的故障和隐患,并进行解决,才可以保证电网平稳经济地运行。近年来数字信号处理器芯片以其强大的数字运算能力被越来越多地运用于电力信号的检测^[4],大多数电力参数测量系统采用单片机和数字信号处

理器芯片相结合的双 CPU 结构。但是在性能和用户操作方面不够精确和灵活,针对以上不足之处,本文提出一种基于 WinCE 嵌入式内核的电力系统参数实时测量系统。

1 系统总体方案设计

针对电力系统一般应用要求,本文提出如图 1 所示的系统结构。系统的设计目标为:达到 0.1 级的电能计量准确度。整个系统采用模块化设计思想,分为数据采集模块和系统控制模块,降低了系统设计的复杂度。

高电压等级的三相电压和三相电流信号经电量变送器变为低压信号,送入数据采集模块。数据采集模块主要完成电网信号的输入调理、采集、计算,通过通信接口给主控模块传输测量数据;系统控制模块采用 WinCE 5.0 嵌入式操作系统,主要完成接受用户的操作指令,对测量数据进行显示和管理,提供人机交互操作界面。

基金项目: 华北电力大学青年基金资助项目 (200811008)

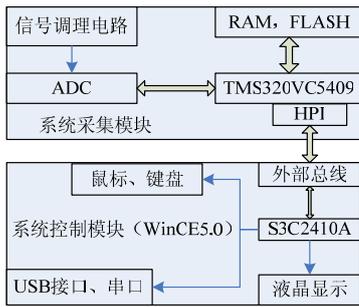


图1 系统总体结构

Fig.1 The general structure of the system

2 系统硬件设计

系统硬件平台包括：数据采集模块、数据传输、系统控制模块。

针对系统高精度要求，数据采集采用 ADI 公司的 16 位 6 通道高速 ADC 芯片（ADC-AD7656）进行 ADC 转换；采用 TI 公司的 54X 系列 DSP 芯片（TMS320VC5409）完成数据处理功能。如果不能实现每周波固定点采样，电网的频率波动会影响测量精度，所以本系统采用硬件同步采样方法来采集数据，这样即提高了测量精度，也减小了软件的运算量。

本系统使用 TI DSP 提供的增强型 8 位主机接口作为与主控模块间的通信接口。在 DSP 与主机传送数据时，主控模块将从外部接口传来的连续 8 位数组合成 16 位后进行处理。这种通信方式相对于双口 RAM 方式具有节省硬件开销的优点。

系统控制模块由 ARM9 核心芯片 S3C2410A、存储系统、通信传输端口、输入和显示四部分构成。

用户可以通过 USB 接口或 RS-232C 串口将数据传输到 PC 上，利用 PC 上的上位机软件进行历史数据的分析；通过 U 盘和 MMC/SD 卡存储数据。用户可以直接通过键盘和鼠标来使用测量系统的功能，并通过 8 英寸 640×480 真彩液晶显示屏来显示。

3 系统软件描述

嵌入式系统硬件设计强调的是“够用”而不是“功能强大”，在可实现应用功能的前提下，尽量去掉用不到的接口和外设，以节约成本。这样也就要求开发者自己定制嵌入式操作系统。本设计采用微软公司提供的 WinCE 5.0 操作系统，它具有精简的模块化操作系统、多硬件平台支持、支持有线和无线的网络连接、稳健的实时性支持、丰富的多媒体和多语言支持、提供了强大的开发工具等特点。定制操作系统使用的工具是 Platform builder 5，根据具体的应用需求，选择相应的操作系统功能组件，然后完成操作系统的运行时映像。当硬件和嵌入式操作系统都完成之后，就可以为自己的平台开发一些必要的应用程序。

本设计的软件部分是对数据采集模块传输来的数据进行处理，并显示。软件采用 Embedded Visual C++ 4 (SP4) 开发，并运行在 WinCE 5.0 嵌入式操作系统平台上。可供操作的功能有实时电压/电流波形显示，电压/电流有效值、有功功率、无功功率、视在功率、功率因数的显示，电压/电流谐波分量显示，数据的存储、查询和更改。数据处理模块主要有三个程序组成。功能结构如图 2 所示。通过软件界面按钮的选择，可以进入相应的管理界面以进行操作。如图 3 和图 4 分别显示的是电力参数测量子界面和三相电流波形显示子界面。

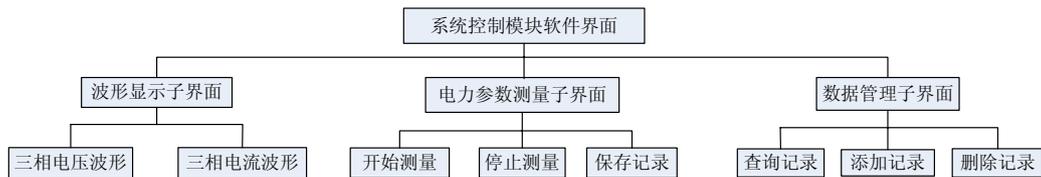


图2 功能框图

Fig.2 Functional block diagram

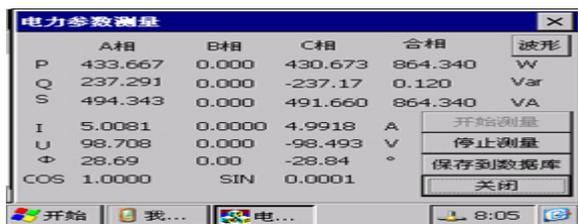


图3 电力参数测量子界面

Fig.3 Electric parameter measurement display

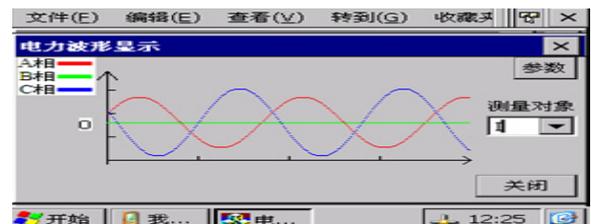


图4 三相电流波形显示子界面

Fig.4 Three-phase current waveform display

4 系统测试试验

本测量系统实现的测量准确度为 0.1 级, 所以需要比被测量设备的准确度等级至少高两个等级的标准设备来对其进行校验, 测试本测量系统时选用的校验设备是德国 ZERA 公司的 COM303-1 型三相标准表(准确等级度为 0.01 级)。测试平台如图 5 所示。

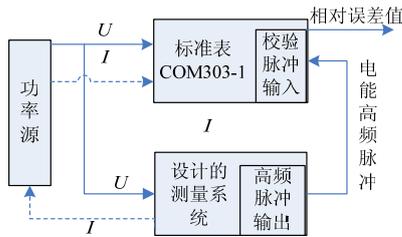


图 5 测试平台框图

Fig.5 Test platform block diagram

开始测试前, 需要向标准表输入被测设备的电

能表常数和校验圈速。通过对同源的电压电流信号进行测量计算, 标准表将自身内部计算的电能值与根据被测设备的输入脉冲计算出的电能值相对比。因为标准表具有很高的准确度等级, 将其计算值作为真值, COM303-1 标准表可以直接在屏幕上输出相对误差值。

测量时测量系统均使用内部电流互感器(准确度等级为 0.01 级, 额定电流 5 A)。测试结果表格中的数据均为由标准设备直接计算出的相对误差。每个项目测量 10 次, 序号从 1 到 10, 每一检测点所得的相对误差计算公式为: $E_i \% = \frac{W_i - W_0}{W_0} \times \%$ 。

式中: W_i 为测量装置指示的电能; W_0 为装置检验标准指示的为装置输出端电能。

针对三相电网接线中两种不同的量程, 每个量程提供 3 个不同功率因数, 在每个功率因数下提供 2 个或 3 个不同的电流值的测量试验来测试本测量系统的准确度。测试结果如表 1、表 2 所示。

表 1 三相四线接线, 量程: 3×220 V, 3×5 A 电能表常数: 2 400 p/kWh

Tab.1 Three-phase four-wire wiring, measuring range: 3×220 V, 3×5 A energy meter constant: 2 400 p/kWh

功率因数	电流比	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.0	I_b	+0.05	+0.06	+0.06	+0.05	+0.05	-0.04	-0.03	-0.06	+0.06	+0.04
	$0.5I_b$	+0.05	+0.03	-0.02	+0.03	-0.05	+0.04	-0.05	+0.03	+0.05	-0.03
	$0.1I_b$	+0.04	+0.04	-0.02	-0.03	+0.03	+0.05	+0.03	-0.03	+0.04	+0.05
0.5L	I_b	-0.03	+0.03	+0.05	+0.05	-0.05	-0.03	-0.04	+0.03	+0.04	+0.04
	$0.5I_b$	+0.05	+0.05	-0.02	-0.07	-0.04	+0.05	-0.05	+0.04	+0.06	-0.05
	$0.1I_b$	+0.03	-0.03	+0.01	-0.04	+0.02	+0.04	+0.04	-0.02	+0.05	+0.05
0.8C	I_b	+0.02	-0.02	-0.01	-0.04	+0.02	-0.05	-0.05	+0.04	-0.02	+0.04
	$0.5I_b$	+0.05	-0.01	+0.03	+0.03	+0.05	-0.02	-0.04	+0.01	+0.05	-0.01
	$0.1I_b$	+0.04	+0.05	-0.01	-0.03	-0.03	+0.02	+0.05	+0.03	+0.04	+0.04

表 2 三相三线接线, 量程: 3×100 V, 2×5 A 电能表常数: 2 400 p/kWh

Tab.2 Three-phase three-wire wiring, measuring range: 3×100 V, 2×5 A energy meter constant: 2 400 p/kWh

功率因数	电流比	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.0	I_b	+0.05	-0.03	-0.04	+0.05	+0.05	-0.02	-0.03	-0.04	+0.04	+0.04
	$0.5I_b$	-0.04	+0.03	+0.03	-0.02	-0.06	-0.06	-0.05	+0.04	-0.05	-0.06
	$0.1I_b$	+0.04	-0.06	-0.02	-0.03	-0.03	+0.03	-0.04	-0.02	+0.06	+0.05
0.5L	I_b	+0.03	+0.05	+0.08	+0.05	-0.05	-0.02	-0.05	+0.08	+0.08	+0.04
	$0.5I_b$	-0.05	+0.06	-0.02	-0.06	-0.06	+0.04	-0.05	+0.03	+0.04	-0.04
	$0.1I_b$	-0.04	-0.06	-0.07	-0.04	+0.02	+0.04	+0.04	-0.07	+0.05	+0.05
0.8C	I_b	-0.03	-0.06	-0.08	-0.07	+0.05	-0.04	-0.05	+0.04	-0.02	+0.04
	$0.5I_b$	+0.05	-0.04	+0.05	+0.04	+0.05	+0.04	-0.05	-0.04	+0.05	-0.03
	$0.1I_b$	+0.04	+0.04	+0.06	-0.07	-0.02	+0.05	+0.05	-0.02	+0.06	+0.07

由上述的测试结果可知, 本设计实现的电力参数测量系统对三相有功功率、有功电能的相对误差均在 0.1%以内, 电流、电压、功率和电能准确度达到 0.1 级。

5 结论

本系统使用 DSP 和 ARM 的双核心结构, 利用 (下转第 219 页 continued on page 219)

电站建设具有重要的指导意义, 相信在不久的将来, 必将迎来数字化变电站自动化系统的蓬勃发展期。

参考文献

- [1] IEC. IEC61850 变电站网络通讯和系统[S]. 2004.
IEC. IEC61850 communication networks and systems in substations[S]. 2004.
- [2] 高翔. 数字化变电站应用技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.
GAO Xiang. Digital substation application technology[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2008.

- [3] IEC. IEC 60044-8 仪用互感器[S]. 2002.
IEC. IEC60044-8 instrumentation transformers[S]. 2002.

收稿日期: 2009-11-03; 修回日期: 2010-04-11

作者简介:

谷成(1978-), 男, 本科, 助理工程师, 主要从事继电保护、变电站自动化系统及相关工作; E-mail: guc@nari-relays.com

徐超(1979-), 男, 专科, 助理工程师, 主要从事继电保护、变电站自动化系统及相关工作;

谢珂(1979-), 男, 本科, 助理工程师, 主要从事继电保护、变电站自动化系统及相关工作。

(上接第 182 页 continued from page 182)

- WANG Zhi-nan, WU Wen-chuan, ZHANG Bo-ming, et al. Study and implement of CIS and SVG based on IEC 61970[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29 (22): 60-63.
- [6] 石东源, 卢炎生, 王星华, 等. SVG 及其在电力系统软件图形化中的应用初探[J]. 继电器, 2004, 32 (16): 37-40.
SHI Dong-yuan, LU Yan-sheng, WANG Xing-hua, et al. Study of the application of SVG in power system graphicalized software[J]. Relay, 2004, 32 (16): 37-40.
- [7] 李亚平, 姚建国, 黄海峰, 等. SVG 技术在电网调度自动化系统中的应用[J]. 电力系统自动化, 2005, 29 (23): 80-82.
LI Ya-ping, YAO Jian-guo, HUANG Hai-feng, et al. Application of SVG in the dispatching automation system of power network[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29 (23): 80-82.

- [8] 敖丽敏, 李林辉. 基于 AJAX 的电力图形系统的实现[J]. 电力系统自动化, 2007, 31 (9): 47-50.
AO Li-min, LI Lin-hui. Implementation of a power graphics system based on AJAX[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31 (9): 47-50.
- [9] 朱清华, 陈剑云. 分布式 SCADA 系统的 UML 建模分析与设计[J]. 计算机工程, 2005, 3 (6): 218-221.
ZHU Qing-hua, CHENG Jian-yun. Analysis and design of a distributed SCADA system with UML[J]. Computer Engineering, 2005, 3 (6): 218-221.

收稿日期: 2009-11-17; 修回日期: 2009-12-16

作者简介:

刘莉(1978-), 女, 讲师, 硕士, 研究方向为管理信息系统;

屈志坚(1978-), 男, 博士研究生, 研究方向为智能监控与网络拓扑算法. E-mail: 08117324@bjtu.edu.cn

(上接第 185 页 continued from page 185)

DSP 强大的数据计算能力, 和 ARM 丰富的外设资源, 共同实现电力参数的在线实时测量。基于 WinCE 5.0 嵌入式操作系统平台的主控软件实现了人机交互, 便于系统的测量、控制和数据管理。

致谢

致谢保定新云达电力设备有限责任公司提供仪器测试条件。

参考文献

- [1] 于庆广, 付之宝. 电能质量指标及其算法的研究[J]. 电力电子技术, 2007, 24 (1): 13-15.
YU Qing-guang, FU Zhi-bao. Research on power quality specification and arithmetic[J]. Power Electronics, 2007, 41 (1): 13-15.
- [2] 肖湘宁. 电能质量分析与控制[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
XIAO Xiang-ning. Analysis and control of power quality[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2004.
- [3] 李圣清, 朱英浩, 周有庆, 等. 电网谐波检测方法的综述[J]. 高电压技术, 2004 (3): 39-42.

LI Sheng-qing, ZHU Ying-hao, ZHOU You-qing, et al. The over view of detecting methods for harmonic in power system[J]. High Voltage Engineering, 2004 (3): 39-42.

- [4] 汪玉凤, 刘晰霞, 刘静, 等. DSP 在电力系统实时相量测量的研究[J]. 继电器, 2007, 35 (24): 40-42.
WANG Yu-feng, LIU Xi-xia, LIU Jing, et al. Study of the real-time measurement of power system phasor based on DSP[J]. Relay, 2007, 35 (24): 40-42.

收稿日期: 2009-11-25; 修回日期: 2010-02-11

作者简介:

尚秋峰(1968-), 女, 硕士生导师, 教授, 主要研究领域为现代传感与测量技术、实时信号处理; E-mail: Lindashqf@126.com

陈于扬(1986-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为现代传感与测量技术; E-mail: teamosj2008@163.com

姚国珍(1979-), 男, 讲师, 主要研究方向为现代传感测量技术。