

# 厂站电能量采集终端测试系统的研制

伍少成, 周尚礼, 张亚东, 肖勇

(广东电网公司电力科学研究院, 广东 广州 510600)

**摘要:** 近几年来, 全国各省正在大力推进电能量计量遥测系统的建设, 其中通信规约调试和终端功能测试是系统建设中一项非常重要而又费时费力的工作。针对电能计量遥测系统建设的需求研制了电能量采集终端测试系统, 系统由测试通信通道装置和测试主站组成, 不但可以作为调试通信规约的工具, 也是终端产品验收的测试平台。该系统投入使用后, 大大提高了测试工作效率, 为广东地区电网电能量计量遥测系统建设顺利推进发挥了重要的作用。

**关键词:** IEC102 标准; 计量遥测系统; 电能量采集终端; 测试系统

## Design of electric energy acquisition terminal testing system of the power plants and stations

WU Shao-cheng, ZHOU Shang-li, ZHANG Ya-dong, XIAO Yong

(Electric Power Research Institute of Guangdong Power Grid Corporation, Guangzhou 510600, China)

**Abstract:** In recent years, the construction of electric energy telemetering systems had been energetically promoted around country. The test of communication protocol and terminal function is a time-consuming and laborious job, but it is an essential task of building systems. The paper develops a testing system of electric energy acquisition terminal according to the demands of electric energy telemetering systems. This system consists of communication channel devices and master station. It can be used not only as a tool for debugging communication protocol, but also a test platform for terminal products acceptance. The efficiency of testing work has been greatly enhanced since the system is put into use, and the testing system plays an important role in the construction of electric energy telemetering systems in Guangdong regional power grid.

**Key words:** IEC 60870-5-102; electric energy telemetering system; electric energy acquisition terminal; testing system

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)13-0083-05

## 0 引言

近年来, 为了加强电能计量管理工作, 全国各省正在大力推进了电能计量系统的信息化、自动化建设, 电能量计量遥测系统(计量遥测系统)就是其中一个很重要的计量自动化系统, 它实现对电厂、变电站的电能量计量遥测自动化, 具体功能主要包括电能量数据自动采集、电量结算、负荷分析及预测、母线平衡、旁路代供和网损分析等。在计量遥测系统建设中, 电能量采集终端产品的到货验收测试和现场安装调试是一项非常重要的工作, 由于各产品生产厂商对通信规约和技术规范理解上存在较大的差异, 往往需要投入大量的人力和物力, 特别是当该地区电能计量遥测主站系统尚未建设之前, 该项工作就没办法完成。如能根据计量遥测系统建设的需要, 研制开发一套电能量采集终端测试系统, 既能满足采集终端的到货验收测试的需要, 又能满足对采集终端的现场调试的要求, 则可以大大减少

系统建设中的调试工作量, 保证产品的质量, 为计量遥测系统建设的顺利实施将提供有力的技术保障和支持。

笔者根据广东电网公司地区电网计量遥测建设的要求, 成功研制了电能量采集终端测试系统。本文将较详细地介绍厂站该测试系统的研制开发过程, 以及系统所实现的功能。

## 1 《广东电网公司电能计量遥测数据传输通信规约》介绍

目前国内各省在建设电能计量遥测系统时大多采用了电能累计量传输配套标准 IEC60870-5-102(简称 IEC102 标准)<sup>[1]</sup>。在 2000 年, 全国电力系统控制及其通信标准化技术委员会制定了《电力系统电能累计量传输配套标准》DL/T719-2000(idt IEC60870-5-102-1996)(简称电力 102 标准)<sup>[2]</sup>, 该标准等同采用了 IEC102 标准。IEC102 标准有效地解决了一些由于采用设备厂商专用规约所带来的

问题, 可使电力系统传输电能累计量的数据终端之间实现可互换性和互操作性。但随着社会经济的发展 and 电力系统体制改革的深入, 对电能计量管理的要求更加精细化, 对电能计量遥测系统的功能需求也越来越多, 需要采集的数据信息也需更加丰富, 原 IEC102 标准定义的内容已不能满足目前电力企业计量遥测系统建设的需要, 但 IEC102 标准具有较广泛的认知基础, 在未找到更为合适的通信规约之前, 对 IEC102 标准进行扩展以满足电力企业对计量遥测系统建设的需要, 不失为一种最为经济有效的办法。《广东电网公司电能计量遥测数据传输通信规约》就是在 IEC102 标准基础上进行了扩展, 不但完全兼容 IEC102 标准定义的功能, 而且也满足广东地区电网电能计量遥测系统建设新的需求。

1.1 IEC102 标准存在的不足

IEC102 标准是专门针对电能数据传输而设计的, 定义了 3 种类型信息的传输, 即电量数据、事件信息和终端设备信息。IEC102 标准在实际的应用中, 还存在以下不足:

(1) IEC102 标准只定义了电量数据, 没有定义电流、电压、功率、功率因数、失压记录等数据, 不能满足当前计量遥测系统高级分析功能的需要, 如负荷分析、用电监测等功能。

(2) IEC102 标准没有定义终端参数设置命令, 而系统运行所需的计量点参数、抄表方案、信息体地址等终端参数必须由设备厂商专用软件设置, 这将导致终端现场安装调试工作量很大。

(3) 在计量遥测系统中, 最重要的数据是时钟电量, 因此, 整个系统的时钟同步是非常关键的因素。在 IEC102 标准中没有时钟同步命令, 国家电力 102 标准在附录 C 中增加了 1 个时钟同步命令, 其类型标识符为 128, 但对整个系统的时钟同步缺乏严密的授时机制。

(4) IEC102 标准没有提供权限验证功能, 但由于通讯通道的非专用性, 在一定安全需求条件下, 特别是设备校时情况中就要求在数据通讯前进行权限验证。

1.2 对 IEC 60870-5-102 标准的扩展

1.2.1 增加需量、遥测量、失压记录和终端参数定义

在《计量遥测规约》中, 数据传输帧格式和传输过程完全遵照 IEC102 标准规定, 有关电量数据的定义也与 IEC102 标准一致, 另外扩充对需量、遥测量、失压记录数据的定义, 其中遥测量包括电压、电流、功率及功率因数, 数据对应的类型标识如表 1 所示。

表 1 电压、电流、功率及功率因数类型标识定义

Tab.1 Type identification of voltage, current, power and power factor

监 视 方 向	(17): =最大需量	控 制 方 向	CON (202): =读 1 个选定的时间范围和 1 个选定的地址范围的最大需量
	(18): =功率		CON (203): =读 1 个选定的时间范围和 1 个选定的地址范围的功率
	(19): =功率因数		CON (204): =读 1 个选定的时间范围和 1 个选定的地址范围的功率因数
	(20): =电流		CON (205): =读 1 个选定的时间范围和 1 个选定的地址范围的电流
	(21): =电压		CON (206): =读 1 个选定的时间范围和 1 个选定的地址范围的电压
	(22): =失压记录		CON (207): =读 1 个选定的时间范围和 1 个选定的地址范围的失压记录

系统运行需要设置的终端参数主要包括计量点参数信息、抄表方案和信息体地址定义表, 对应的数据类型标识如表 2 所示。

表 2 终端参数类型标识定义

Tab.2 Type identification of terminal parameters

监 视 方 向	(97): =终端抄表方案	控 制 方 向	CON (142): = 读计量点参数
	(98): =数据信息体地址定义表		CON (143): = 读信息体地址定义表
	(99): =计量点参数		CON (144): = 读终端抄表方案
			CON (145): = 设置计量点参数
			CON (146): = 设置或添加信息体地址定义表
			CON (147): = 设置终端抄表方案
		CON (148): = 删除计量点参数	
		CON (149): = 清空信息体地址定义表	

以上参数中, 定义计量点参数和抄表方案是为了便于终端灵活采集电能表数据, 其内容定义如表 3 所示。

表 3 计量点参数和抄表方案内容格式定义

Tab.3 Data format of measuring point parameters and meter-reading scheme

计量点参数	计量点号: 对应表计在终端内的排序号, 从 1 开始, 0 为终端。	抄表方案	抄表方案号: 抄表方案的编号
	通道号: 对应终端的抄表通道编号。		数据项数量: n.
	表计协议号: 表计通信规约号。		数据类型 1:
	表计地址: BCD 码表示		采集间隔 1:
	波特率: 定义与表计通信的波特率		...
	抄表方案号: 对应抄表方案编号。		数据类型 n:
	保留: 1 字节, 以后功能扩充用。		采集间隔 n:

表 5 密码数据格式定义

Tab.5 Data format of password

序号	信息内容	字节数	说明
1	密码级别	1	1—表示 1 级密码(设置参数及远程维护); 2—表示 2 级密码(抄读数据)
2	密码域	6	6 个 ASCII 字符。

信息体地址定义表用于终端与主站传输数据用。在 IEC102 标准中, 数据寻址用到的地址有链路地址、终端设备地址和信息体地址, 记录地址用于标识积分周期。由于信息体地址用 1 个字节表示, 最多表示 255 个量 (1..255), 当终端接入的表计数量较多时, 例如接入表计数量超过 64 只, 每只表上传 4 个电量数据就超过 255, 此时 IEC102 标准没有办法解决。在计量遥测规约中, 链路地址定义为站地址—对应终端所在变电站, 应用服务数据单元公共地址定义为设备地址—对应电能量采集终端。其中设备地址, 默认从 1 开始, 当一个终端的信息体个数超过 255 个时, 则扩充虚拟设备地址。信息体地址可以通过设置终端信息体地址定义表进行灵活的配置, 为了实现终端同时与几个主站通信, 主站和终端对每一个终端地址和每一个数据类型的信息数据均有一个信息体地址定义表, 信息体地址定义表内容定义如表 4 所示。

表 4 信息体地址定义表内容格式定义

Tab.4 Data format of information address definition table

序号	项目名称	字节数	说明
1	信息体地址	1	含义同 IEC 102 标准
2	计量点编号	1	与计量点参数定义一致
3	数据类型	1	与数据类型标识一致
4	数据类别	1	同类数据中的数据类别编号

### 1.2.2 密码权限管理

《广东地区电网电能计量遥测系统建设技术规范》中规定电能量采集终端的每个通信口必须有三级密码控制进入(最高级为超级用户), 上一级密码用户可分配下一级密码用户权限。相应地, 在计量遥测规约中通信流程增加了密码检验流程, 即主站在召测终端数据或设置参数前, 必须先进行密码校验, 校验通过后, 才能进行相关权限的操作, 其中校验密码格式定义如表 5 所示。

### 1.2.3 系统时钟同步管理

在 IEC102 标准中没有定义时钟同步命令, 电力 102 标准定义主站与终端的时钟同步命令, 但没有定义与电表时钟同步的命令, 对整个系统授时缺乏严谨统一的管理。

在计量遥测规约中规定, 终端只能允许一个物理通信端口接受主站授时, 主站与终端的时钟同步命令同电力 102 标准一致, 同时, 在该命令帧上扩展了主站通知终端与电表对时的命令, 整个系统时间同步过程全有主站进行控制, 终端不能自动对电表进行授时, 具体过程如下:

1) 终端每天与电表时间比对一次, 若两者时差超过设置值(默认为 1 min), 则产生电表时钟超差事件。

2) 主站每天与终端进行一次对时。若主站召测到电表时钟超差的事件, 则立即召测电表的当前时钟, 如确实超差, 即通知终端对电表进行授时。

3) 终端接收对电表授时命令后, 立即修正终端本身的时钟, 返回响应命令, 并对电表进行授时。授时后, 终端再与电表的时钟进行比对, 如电表时钟没有超差, 则产生电表时钟超差恢复事件, 否则, 产生电表时钟对时失败事件。

具体通信帧格式扩充分别如表 6 和表 7 所示。

表 6 读取终端与电能表时间通信帧格式定义

Tab.6 Read time of terminal or meter

控制方向: C_TI_NA_2	监视方向: M_TI_TA_2
类型标识 (TYP): =103	类型标识 (TYP): =72
可变结构限定词 (VSQ): =0	可变结构限定词 (VSQ): =1
传送原因 (COT): =5	传送原因 (COT): =5
公共地址	公共地址
公共地址	公共地址
记录地址: 0—255. 0 为终端本身, 1-255 为所读电能表对应的计量点编号。	记录地址: 同控制方向一致。
	时间信息 Tb: =七个八位位组的二进制时间

表 7 时间同步命令帧格式定义

Tab.7 Command of time-synchronization

控制方向: C_SYN_TA_2	监视方向: M_SYN_TA_2
类型标识 (TYP): =128	类型标识 (TYP): =128
可变结构限定词 (VSQ): =1	可变结构限定词 (VSQ): =1
传送原因 (COT): =48	传送原因 (COT): =48
公共地址	公共地址
记录地址: 0—255。0 为终端本身, 1-255 为所读电能表对应的计量点编号。	记录地址: 同控制方向一致。
时间信息 Tb: =七个八位位组的二进制时间	时间信息 Tb: =七个八位位组的二进制时间

## 2 测试系统的研制

### 2.1 测试系统总体设计

厂站电能量采集终端测试系统架构如图 1 所示, 系统由测试通道装置和测试主站软件组成。其中测试通道装置实现对终端接入通信通道的转换, 即将 RS232/RS485、电力专线、电话拨号等统一转换成以太网输出, 从而简化测试主站软件中通信模块的设计, 测试主站软件实现对终端功能测试、规约通信源码分析和故障分析。

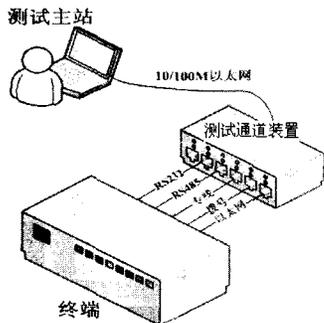


图 1 测试系统总体架构

Fig.1 General architecture of testing system

### 2.2 测试通道装置设计

测试通道装置硬件结构采用模块化设计思想, 按不同的功能将电路设计为独立的子板, 各子板通过欧式板间连接器连接到一块总线底板上, 子板分为: ①主板单元、②CPU 扩展板、③网络扩展板、④RS-485 抄表板 (4 路)、⑤通信板 (1 电话+1 专线)、⑥总线底板、⑦本机电源板等。硬件原理框图如图 2 所示。

其中通道装置的主板单元设计如下: CPU 采用 32-bit RISC 结构的 ARM9 芯片, 16 MByte 容量的 SDRAM 和 64 MByte 容量的 FLASH。局部总线经

隔离驱动后, 形成外部控制总线, 对以太网口以及其他接口功能模块进行控制。

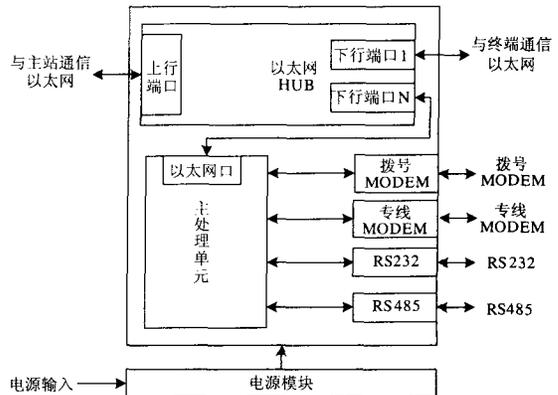


图 2 测试通道装置硬件原理框图

Fig.2 Hardware schematic diagram of channel unit

### 2.3 测试主站软件设计

测试系统主站软件实现对厂站终端的档案管理、通道管理、手动及自动测试、数据保存及浏览、通讯报文分析等功能, 以完全满足实验室或现场环境下对终端的测试、调试和维护工作。主站软件在 Windows 平台下采用 VC++6.0 开发, 采用模块化面向对象设计, 系统软件模块架构如图 3 所示。

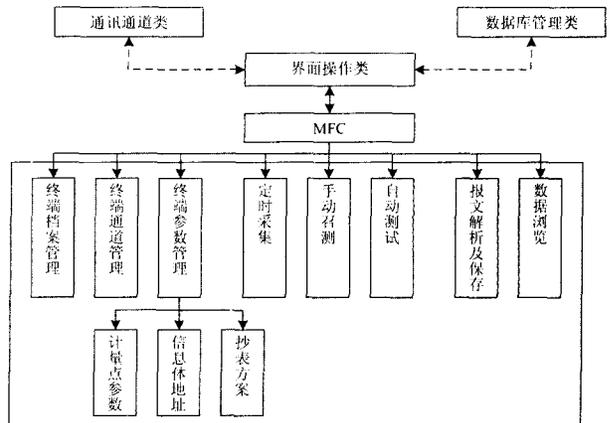


图 3 测试系统主站软件模块架构

Fig.3 Module framework of testing system software

开发的测试主站软件主界面如图 4 所示, 功能测试分为手工和自动测试, 信息显示分为通信源码、测试信息及源码解读等。

## 3 测试系统应用情况

广东地区电网电能计量遥测系统建设从前期调研、试点到全省启动, 均经过了周密的筹划和充分的技术准备, 其中采用的《计量遥测规约》在正式发布前经过了专家们反复地推敲和论证, 并在项目启动时, 我们开发这一套测试系统, 召集入围的

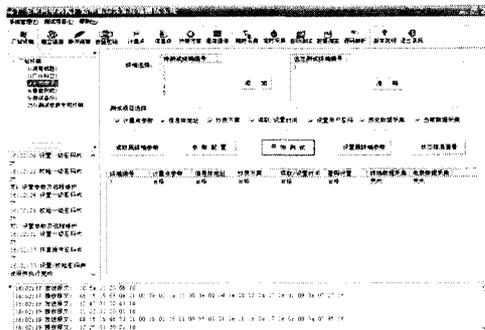


图4 测试系统主站软件主界面

Fig.4 Main interface of testing system software

终端设备厂家进行严格的测试, 并根据测试过程中反馈的问题及时完善补充规约内容。在项目建设中的到货验收和现场验收环节中, 终端产品必须通过本测试系统的测试, 为全省项目建设顺利推进提供了有力的技术保障。

目前全省项目建设进展顺利, 至 2008 年 6 月底, 全省已安装厂站采集终端 1 233 台, 主站系统建设也正在有序地进行, 2008 年底, 大部分地市供电局计量遥测系统将进行试运行阶段。

#### 4 结论

为了加强电能计量管理工作, 实现电能计量管理信息化和自动化, 目前, 全国各省电力公司均在大力推进该电能计量遥测系统项目的建设。在整个系统项目建设中, 电能量采集终端产品的质量是倍

受关注的焦点问题之一, 不仅影响项目建设的顺利推进, 还影响整个系统的稳定运行。因此, 在终端产品招标选型和到货验收等环节, 必须加强对终端产品的测试。本文研制的测试系统, 不仅实现对通信规约的分析和测试, 对制定和完善通信规约起着重要的作用, 同时, 根据广东省计量遥测系统建设技术规范, 实现了对终端产品的功能测试, 不仅对保证终端产品质量提供有力的测试手段, 同时也方便现场安装调试, 解决通信规约理解上存在的分歧, 为全省项目建设的顺利推进发挥重要作用。

#### 参考文献

- [1] International Standard IEC 870-5-102; 1996, Telecontrol Equipment and Systems-Part5 : Transmission Protocols-Section 102:Companion Standard for the Transmission of Integrated Totals in Electric Power Systems[S].
- [2] 中华人民共和国电力行业标准 DL/T 719-2000 远动设备及系统第五部分: 传输规约第 102 篇: 电力系统电能量传输配套标准[S].  
DL/T 719-2000, Telecontrol Equipment and Systems Part 5 :Transmission Protocol Section 102: Companion Standard for the Transmission of Integrated Totals in Electric Power Systems[S].

收稿日期: 2008-12-07; 修回日期: 2009-01-11

作者简介:

伍少成 (1972-), 男, 博士, 研究方向为电能计量和电力系统自动化。E-mail:wsc-csuo@tom.com

(上接第 42 页 continued from page 42)

- OU Zhong, YU Cheng-qi. An Intelligent Energy Calibration Instrument[P].China, Physics, CN93201769.X, 1993-11-24.
- [8] 孙达志, 龙伟. 电流互感器误差的一种数字补偿方法[J]. 数据采集与处理, 2001, 16(2): 242-243.  
SUN Da-zhi, LONG Wei. A Digital Compensation Method for Current Transformer Error [J]. Data Acquisition & Processing, 2001, 16(2): 242-243.
- [9] Payne J R, Menz B A. High Speed PC-based data acquisition systems [J]. IEEE T-AES, 1995, 3(10): 2140-2145.
- [10] 支长义, 程志平, 陈书立, 等. DSP 原理及开发应[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006.342-345.  
ZHI Chang-yi, CHENG Zhi-ping, CHENG Shu-li, et al. The Principle of DSP and DSP's Research & Application[M].Beijing : Beijing Astronautic and Aeronautic University Press. 2006.342-345.
- [11] 肖逾男, 宋元胜. 基于 DSP 的自适应数据采集卡前向通道的实现[J]. 继电器, 2004, 32(1): 57-59.  
XIAO Yu-nan, SONG Yuan-sheng. Using DSP to Realize

Signal Input Channel of Data Sampling Card[J].Relay, 2004, 32(1): 57-59.

- [12] 山昆. 基于 DSP 的多通道同步数据采集系统的研制[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2005.  
SHAN Kun. Research and Development of Multi-channel Synchronous Data Acquisition System Based on DSP [D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2005
- [13] 张会生, 闰学斌, 秦勇等. LMS 算法自适应滤波器的 DSP 实现[J]. 信息安全与通信保密, 2006, 3(10): 72-73.  
ZHANG Hui-sheng, YAN Xue-bin, QIN Yong, et al. DSP Realization of LMS Adaptive Filter[J].China Information Security, 2006, 3 (10): 72-73.

收稿日期: 2008-08-16

作者简介:

朱柳良 (1982-), 男, 硕士研究生, 从事数字信号与图像处理方面的研究; E-mail:Z1982cl@yahoo.com.cn

支长义 (1964-), 男, 硕士, 副教授, 从事电测仪表与控制方面的研究与开发。