

实时电能质量监测系统的构建及应用

王 玲¹, 康 健², 邹宏亮³, 崔大伟⁴, 李晨光⁵

(1. 国网电力科学研究院, 湖北 武汉 430074; 2. 海军工程大学, 湖北 武汉 430033;
3. 浙江省台州电业局, 浙江 台州 317000; 4. 中国电力科学研究院, 北京 100192; 5. 太原市科委, 山西 太原 030002)

摘要: 针对电能质量监测系统的远程主动和协调控制问题, 构建出硬件基于 ARM+DSP 双系统和软件基于多 Agent 技术的开放、主动的电能质量监测系统。这种模型符合现阶段电网分布式结构特点和电力市场的发展趋势, 满足目前电网电能质量监测系统的需求。该系统应用于湖北电网和浙江电网中, 检测暂态电能质量指标和稳态电能质量指标, 实现对电网实时监测的功能。应用结果准确反映出电网电能质量的状况, 通过本系统可以有针对性地改善电网电能质量并且提高经济效益。

关键词: 电能质量监测; 分布式电网; DSP; ARM; 嵌入式网络; 监测软件

Construction and application of real-time power quality monitoring system

WANG Ling¹, KANG Jian², ZOU Hong-liang³, CUI Da-wei⁴, LI Chen-guang⁵

(1. State Grid Electric Power Research Institute, Wuhan 430074, China; 2. Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China;
3. Taizhou Power Authority, Taizhou 317000, China; 4. China Electric Power Research Institute, Beijing 100192, China; 5. Taiyuan Science and Technology Committee, Taiyuan 030002, China)

Abstract: In view of long-distance initiative and coordination control question in electrical energy quality monitor system, this paper proposes one kind of opening and initiative electrical energy quality monitor system model based on the ARM+DSP double system and the multi-agent technology. This kind of model conforms to the features of present electrical network distributional structure and the development trend of electric power market, and satisfies the demand of the present electrical network electrical energy quality monitor system. This system has been applied to the Hubei and Zhejiang province electrical network, which can examine the transition condition electrical energy qualitative index and the stable state electrical energy qualitative index thus can real-time monitor the network. The examination results reflect the electrical network power quality condition. Through this system, we can improve power quality and enhance the economic efficiency.

Key words: power quality monitoring; distributed grid; DSP; ARM; embedded internet; supervisor software

中图分类号: TM714 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2011)02-0108-04

0 引言

随着我国工业的飞速发展, 新能源发电广泛接入电网, 电网结构发生巨大变化。用户电力电子设备的使用造成大量的非线性负荷和不对称负荷接入电网, 致使电网电能质量不断恶化^[1-2]。

电能质量的恶化及所带来的谐波问题已经引起关注, 电网调度管理部门需要对电能质量实时监测且对电能质量进行有效的评估和采取相应的措施来控制, 实时在线电能质量监测成为保证电网安全、经济运行必不可少的措施之一^[3]。

本文根据电网的典型情况, 在监测点采用主从双 CPU 系统构成的硬件实现数据高速处理和传输,

应用多 Agent 技术实现数据分层管理, 利用嵌入式网络技术进行数据海量存储共享和数据库管理, 系统实现对电网电能质量的全面监测。

1 实时电能质量监测系统的架构

通过电能质量监控网络, 重要监测点通过网络传输将数据自动传输至电能质量管理中心或根据人为需要在一定的时间段采样传输, 由后台数据库集中管理监测结果, 各级相关部门通过应用程序接口调用访问数据库, 对所需要分析的对象进行各种统计分析, 用直观的图表加以表示^[4-5]。

电能质量监控系统的结构如图 1 所示。

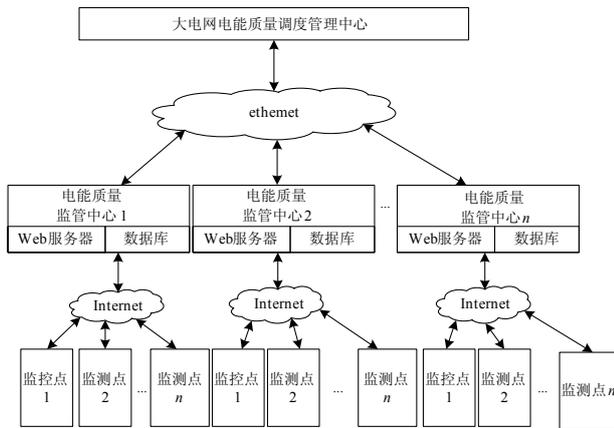


图 1 电能质量监控网络结构图

Fig.1 Power quality monitoring network structure

通过电能监控单元对电网中的变电所，接入电网的谐波用户电能质量实时监测，对电网电能质量的监测遵循分层、分级、分权限控制的原则，通过因特网查询各种数据和报表，了解电网的运行状况^[6]。

2 监控单元节点软硬件设计

监控终端节点采用了 ARM+DSP 双 CPU 主从处理系统^[7]，DSP 模块负责对模拟数据的采集、初步处理压缩，ARM 模块负责接收 DSP 传输数据以及网络传输进入后台数据系统，监测装置运算速度快、满足现场实时要求。监控终端节点硬件如图 2 所示。

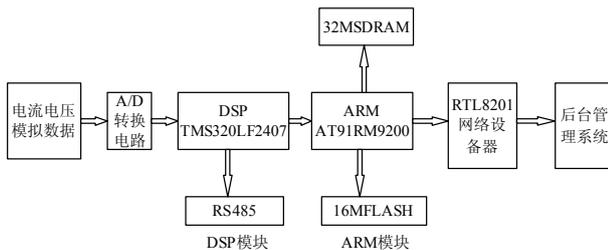


图 2 监控终端节点硬件结构图

Fig.2 Monitoring terminalnode hardware chart

2.1 监控终端节点硬件设计

2.1.1 DSP 模块

由于 DSP 子系统需要高速采集处理大量的数据，本文选用 TI 公司 32 位定点 DSP 处理器 TMS320LF2407，最高工作频率 40 MHz；DSP 芯片内置 2.5 k 字 SRAM；DSP 芯片内置 32 k 字 FLASH；外扩 32 k×16 bit 的程序 RAM。

AD73600 是 ADI 公司 1999 年生产的一款高性能 ADC，它可实现 6 通道采样，6 个通道上形成差

动输入。

TMS320LF2407A 与 AD73600 的接口图如图 3。

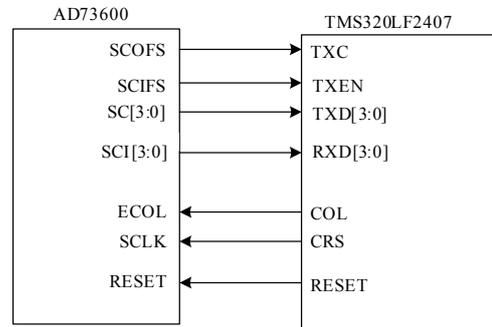


图 3 TMS320LF2407A 与 AD73600 的接口图

Fig.3 TMS320LF2407A and AD73600 HDMI chart

2.1.2 ARM 模块

ARM 部分的硬件电路核心模块上集成了 Samsung S3C2410 处理器、64 M 的 SDRAM 以及 16 M 的 FLASH，提供如下外设接口：一个 RS232 串口，一个 RS422/RS485/GPRS 串口(复用)，一个 10 M/100 M 自适应以太网接口。这样的系统具有体积小、耗电低、相对处理能力强等特点，能够装载和运行嵌入式 Linux 操作系统。

ARM 模块采用高度集成的全双工以太网控制器 10 M/100 M RTL8201，它主要的功能是完成了 TCP/IP 协议中物理层帧的发送和接收。系统通过以太网控制器扩展了一个以太网接口接入 Internet^[8-9]。ARM 子系统与 RTL8201 的硬件接口图如图 4 所示。

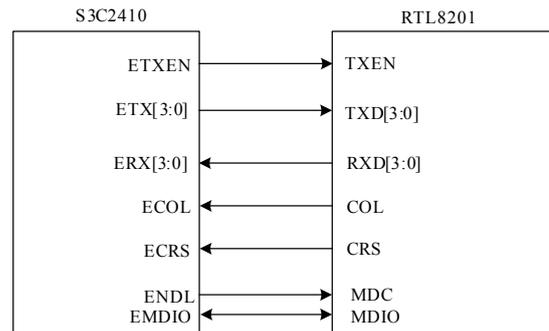


图 4 S3C2410 与 RTL8201 的硬件接口图

Fig.4 S3C2410 and RTL8201 HDMI chart

2.2 监控终端节点软件设计

监测终端节点软件设计同样分为两部分：DSP 模块软件和 ARM 模块软件^[10]。

2.2.1 DSP 子系统软件

DPS 模块软件部分主要分为两部分，一部分采用汇编语言实现对 A/D 转换及串口的底层驱动，一部分采用 C 语言实现和 ARM 模块通信的上层程序。

DSP 模块软件的主程序流程如图 5 所示。

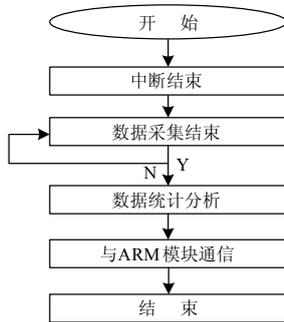


图 5 DSP 模块软件的主程序流程图

Fig.5 Main program flow of DSP module software

2.2.2 ARM 模块软件

ARM 模块也分为两部分，一部分实现对网络设备驱动的底层，另一部分实现对 DSP 模块和后台通信，起到控制和管理监测点的作用。ARM 子系统软件流程如图 6 所示。

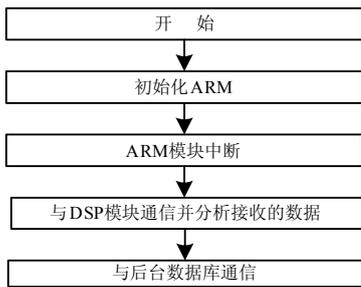


图 6 ARM 模块软件流程图

Fig.6 Software flow chart of ARM module

3 实时电能质量监控管理中心软件

电网调度管理中心通过网络数据透传将所有监测点的电能质量数据集于自己的数据库中统一处理分析，并且根据需要制定措施。

电能质量监控管理中心软件系统的结构如图 7 所示。

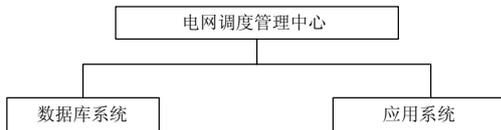


图 7 电能质量监控管理中心软件系统

Fig.7 Software system to oversee the management center

3.1 数据库系统

采用SQLSERVER数据库存储和管理各个监测终端实时上传的数据、程序处理后的历史数据、事件数据、系统参数，为客户端查询数据提供数据接口^[11-12]。数据库服务器通过API接口程序被后台调

用数据。

3.2 应用系统

应用系统分为系统程序和后台程序。

3.2.1 系统程序

系统人员通过系统应用程序直接对数据库及设备进行维护。

(1) 用户登入。对不同的人员设置了不同的权限，相关人员通过账号密码进入系统进行管理。登录画面如图 8 所示。



图 8 用户登入

Fig.8 User enter

(2) 节点设备维护管理模块。维护人员对安装在重要监测点的监控硬件完成参数修改、删除、添加等操作。

3.2.2 后台程序

(1) 数据查询模块。可以实时观测数据指标，查询设备所监测的节点状态。

(2) 统计分析模块。提供动态报表浏览，各种数据的曲线图查询。报表如图 9。



图 9 电能质量动态报表

Fig.9 Dynamic report of power quality

4 结束语

本文基于嵌入式网络及多 Agent 技术构建的电

网电能质量监控系统实现了电能质量的自动实时监控。系统不同地点多个装置同时触发、同步监控,能够对谐波的出现实现实时录入加以分析,对改善局部电网的电能质量起到技术支撑作用。

本监控系统加强对谐波源的监控;对数据做进一步挖掘分析处理,实现构建层次分明、拓展性强的电能质量监测系统,为电网决策人员提供数据。

参考文献

- [1] 程浩忠, 艾芊. 电能质量[M]. 北京:清华大学出版社, 2006.
CHEN Hao-zhong, AI Yu. Power quality[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2006.
- [2] 林海雪. 现代电能质量的基本问题[J]. 电网技术, 2001, 25(10): 5-12.
LIN Hai-xue. The basic problem of modern power quality[J]. Network Technology, 2001, 25(10): 5-12.
- [3] 裴林, 郑建辉, 孙怡. 电能质量综合监测管理系统的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36(23): 49-53.
PEI Lin, ZHENG Jian-hui, SUN Yi. Study on power quality comprehensive monitoring and management system[J]. Power System Protection and Control, 2008, 36(23): 49-53.
- [4] 王东滨, 方滨兴, 云晓春. 基于 Web 管理的网络监测技术的设计与实现[J]. 计算机, 2005(10): 4-9.
WANG Dong-bin, FANG Bin-xing, YUN Xiao-chun. Based on the management of network monitoring technology Web design and implementation[J]. Computer, 2005 (10): 4-9.
- [5] 孙毅, 龚钢军. 电能质量在线监测系统的设计和实现[J]. 继电器, 2004, 32(17): 60-63.
SUN Yi, GONG Gang-jun. Design and realization of on line monitoring system of power quality[J]. Relay, 2004, 32(17): 60-63.
- [6] IEEE Std 519-1992. IEEE recommended practices and requirements for harmonic control in electrical power systems[S]. 1993.
- [7] 冯红岩, 赵双喜, 张建成, 等. 基于双 CPU 的电能质量监测系统设计与实现[J]. 继电器, 2006, 34(7): 61-64.
FENG Hong-yan, ZHAO Shuang-xi, ZHANG Jian-cheng,

- et al. Design and implementation of a power quality monitoring system based on dual CPUs[J]. Relay, 2006, 34(7): 61-64.
- [8] 邹宏亮, 周晨, 郑远德. 基于嵌入式 internet 技术的变电站监控系统[C]. //2008 年电力系统保护与控制学术研讨会.
ZOU Hong-liang, ZHOU Chen, ZHENG Yuan-de. Based on embedded Internet technology of substation system[C]. // Power System Protection and Control Aeminar. 2008
- [9] 卢海南, 董超, 赵录怀. 电能质量监测的发展趋势与新型电能质量监测仪的研制[J]. 2004.
LU Hai-nan, DONG Chao, ZHAO Lu-huai. The development trend of electric power quality monitoring and new power quality monitor[J]. 2004.
- [10] 陈巨涛. ARM+DSP 嵌入式仿真平台的开发及其在实时仿真中的应用[D]. 上海: 上海海事大学, 2004.
CHEN Yi-tao. ARM + DSP embedded simulation platform development and its application in real-time simulation[D]. Shanghai: Shanghai Maritime University, 2004.
- [11] 刘敦敏, 孙云痊. B/S 模式的电力技术监督管理系统权限管理的实现[J]. 计算机应用工程, 2002, 28(10): 203-204, 279.
LIU Dun-min, SUN Yun-shuan. B/S model of electric power system of technological supervision and administration implementation[J]. The Computer Application, 2002, 28(10): 203-204, 279.
- [12] 马冲, 江贺, 冯静芳. 软件体系结构理论与实践[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004.
MA Chong, JIANG He, FENG Jing-fang. Software architecture theory and practice[M]. Beijing: The People's Posts and Telecommunications Press, 2004.

收稿日期: 2009-08-03; 修回日期: 2010-09-18

作者简介:

王 玲(1983-), 女, 助理工程师, 工学硕士, 从事互感器技术研究; E-mail: wl00532@tom.com

康 健(1982-), 男, 助理馆员, 工学学士, 从事数据挖掘研究;

邹宏亮(1982-), 男, 工学硕士, 从事电力系统研究。

(上接第 93 页 continued from page 93)

- [15] 楼玉, 赵小梅, 刘国华. 具有改进反馈环的 NF-GMDH 网络及其在混沌预测中的应用[J]. 电路与系统学报, 2004, 9(5): 86-90.
LOU Yu, ZHAO Xiao-mei, LIU Guo-hua. The NF-GMDH with improved feedback loop network and its application to the prediction of chaotic time series[J]. Journal of Circuits and System, 2004, 9(5): 96-90.
- [16] 于尔铿, 刘广义, 周京阳, 等. 能量管理系统[M]. 北京: 科技出版社, 1998.

作者简介:

吴栋梁(1987-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为分布式发电, 电力系统风险评估; E-mail: wudonglianghd@126.com

王 扬(1983-), 男, 博士研究生, 主要研究方向为分布式发电, 数据挖掘技术及其在电力系统中的应用, 电力系统信息化;

郭创新(1969-), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为智能信息处理技术及其在电力系统中的应用。

收稿日期: 2010-01-27; 修回日期: 2010-03-12