

# 基于 GPRS 无线通信的配变监测系统设计

郭宗莲

(江苏海事职业技术学院电气工程系, 江苏 南京 211170)

**摘要:** 针对配变监测系统对数据传输可靠性和实时性的要求,介绍了一种基于移动 GPRS 无线通信方式的配电变压器电力参数实时监测系统的设计方案。设计了由 TMS320LF2407 型 DSP 为核心的配变监测单元、GPRS 无线模块 (EP120P) 和监控主站组成的监测系统。该系统利用 GPRS 的无线通信及 Internet 接入功能,实现了数据的实时采集和传输。

**关键词:** GPRS; 无线通信; 配变监测; DSP

## Design of distribution transformer monitoring system based on the GPRS wireless communication

GUO Zong-lian

(The Department of Electronic Technology, Jiansu Maritime Institute, Nanjing 211170,China)

**Abstract:** In allusion to the request for distribution transformer monitoring system to the data transmission reliability and the timely, this paper introduced one kind of project about the distribution transformer electric power parameter real-time monitoring system based on the GPRS wireless communication. The monitor system has been designed that is composed of the distribution transformer monitoring unit which is designed by TMS320LF2407 DSP as the core, the GPRS wireless module (EP120P) and the main monitoring stations. The system uses GPRS wireless communications and Internet access functions, has realized data real-time gathering and the transmission.

**Key words:** general packet radio service; wireless communication; distribution transformer monitoring; DSP

中图分类号: TM76; TP29 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2008)23-0069-04

## 0 引言

配电变压器是将电能直接分配给低压用户的电力设备,其运行数据是整个配电网基础数据的重要组成部分。配电变压器作为电网末端设备,运行状况直接关系到用户能否可靠使用电能,因此对其运行数据进行实时采集和监控非常重要。在实际的配电网中,配电变压器数量众多,分散性大。根据配电网中配电变压器的分布特点,选择合适的通信方式进行通信,是全面实现配变管理和监测的关键问题。传统的配电变压器终端装置的数据传输多以有线通信方式为主,增大了设备投资成本和维护费用。现在利用率较高的是 GSM 的短信息服务通信,它节约了成本的投入,扩容方便,使用费用较低,但其实时性较差,不适用于实时性要求很高的数据通信任务。基于 GPRS 无线通信的配变监测系统,利用 Internet 实现了远距离、宽范围的数据传输,实现实时数据采集和实时负荷监测的功能。为电力部门的专业分析(如负荷预测、线损分析、故障判断、用电质量等)提供实时数据,进而提高了配电网运行

的经济性和安全性。当配变发生故障或异常运行时,配变监测单元可以迅速地报警,监控主站可以及时地优化处理,保证配电网的正常运行,实现良好的经济效益和社会效益。

## 1 GPRS 技术特点及其用于配变监测系统的可行性

### 1.1 GPRS 的基本概念和技术特点

GPRS 是通用分组无线业务 (General Packet Radio Service) 的英文简称,是在 GSM 全球移动通信系统网络之上发展起来的一种新的承载业务,为用户提供高速的分组数据业务的一种新的网络<sup>[1]</sup>。GPRS 技术是当今 GSM 网向 3G 移动数据通信网络过渡的关键技术,与原有的 GSM 相比, GPRS 在数据业务的承载和支持上具有非常明显的优势:资源利用率高、传输速率高、接入时间短、支持 IP 协议和 X.25 协议、网络安全性高、计费方式更加灵活。

GPRS 属于分组交换技术,具有实时在线,按量计费,快捷登陆,高速传输,自动切换的特点<sup>[2]</sup>。

①实时在线:即用户随时与网络保持联系。

②按量计费：用户可以一直在线，按照用户接收和发送数据包的数量来收取费用，没有数据流量的传递时，用户即使挂在网上，也是不收费的。

③快捷登录：GPRS 的用户一开机，就始终附着在 GPRS 网络上，每次使用时只需一个激活的过程，一般只需要 1~3 s 的时间马上就登录互联网。

④高速传输：GPRS 采用分组交换的技术，数据传输速率最高理论值能达 171.2 kbps。

⑤自动切换：GPRS 可同时进行数据传输与语音传输或切换。

### 1.2 GPRS 应用于配变监测系统的可行性

配变数目众多、分布范围广、距离远<sup>[3]</sup>，传统上依靠人工定期到现场抄读或有线通信，数据实时性、准确性和应用性等方面都有很大不足，成本投入也比较高。GPRS 通信技术则可直接利用覆盖全国的中国移动 GPRS 网络，可以极大节省投资、充分利用现有资源、接入快速、维护简单、环保节能。

配变监测系统中通信数据主要有两类：一类是周期性的召测数据，如配变定点时刻的运行数据；另一类是突发性的数据，如配变监测单元的报警信息。这两类数据规模都不大，每帧数据远小于 1kB，监控主机召唤这些数据的间隔时间是用户根据需要来设定的，最小的召测时间间隔是按一分钟来设计的，GPRS 网络的带宽完全可以满足传输要求。同时，为保证越限报警等类突发性数据的实时传输，还要求配变监测单元时刻在线，GPRS 网络信道共享的特点和按流量计费方法从技术上和经济上均可以保证配变监测单元时时在线。

因此，在配变监测系统中采用 GPRS 无线通信网络是实现配变参数实时且可靠传输的理想选择。

## 2 基于 GPRS 无线通信的配变监测系统总体设计

基于 GPRS 无线通信的配变监测系统主要包括基于 GPRS 的配变监测子站和监控主站。配变监测子站包括配变监测单元和 GPRS 无线通信模块两部分，配变监测单元实现配变数据采集后发送给 GPRS 模块，GPRS 模块再把数据发送到 GPRS 网中<sup>[4]</sup>。GPRS 通信网络是配变监测子站与监控主站之间数据传输的桥梁。监控主站通过有线或 GPRS 等方式接入 Internet，借助 Internet 与 GPRS 网络紧密联系，通过 GPRS 网络使现场变压器的相关数据能够及时传送到监控主站的计算机中，从而完成电力数据的管理。整个系统框图如图 1 所示。

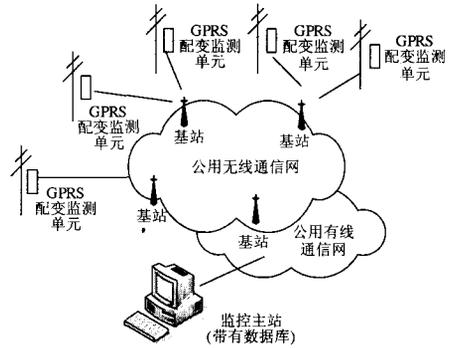


图 1 基于 GPRS 无线通信的配变监测系统构成

Fig.1 Diagram of distribution transformer monitoring system based on the GPRS wireless communication

## 3 基于 GPRS 的配变监测子站

### 3.1 配变监测单元

#### 3.1.1 硬件设计

配变监测单元对配电变压器的运行参数进行实时监测，通过 GPRS 无线网络将实时数据传送到监控主站供分析处理，并接收监控主站下发的召测指令。其硬件结构框图如图 2 所示。

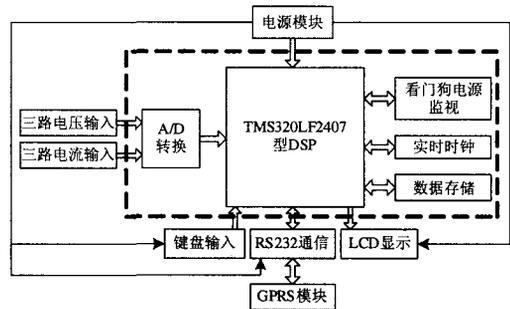


图 2 配变监测单元硬件结构框图

Fig.2 Structure block diagram of distribution transformer monitoring unit

#### 3.1.1.1 CPU 模块

由于对各种电参数的测量和谐波分析不仅需要交流信号进行高速采样，而且还需要大量的实时计算，对 CPU 的运算速度要求非常高，普通的单片机难以胜任，因此配变监测单元采用了 TI 公司的一款性价比较高的 TMS320LF2407 型 DSP<sup>[5]</sup>。该芯片采用 3.3 V 电压供电，减少了控制器的功耗；该芯片具有 40 MIPS 的执行速度，单指令周期 25 ns，提高了实时控制能力；该芯片具有丰富的片内资源，32 K×16 位的片内程序 Flash，2.5 K×16 位的程序/数据片内 RAM，还具备 PWM 通道、捕获单元、4 级的流水线技术和专门的 16 位硬件乘法器，处理速

度高,适用于处理大运算量的实时任务;该芯片内部整合了大量系统资源,降低了系统的设计成本<sup>[6]</sup>。

### 3.1.1.2 模拟信号采集和 A/D 转换

模拟量的采集采用交流采样技术,三路电压和电流信号经过衰减、隔离和模数转换电路转换为 DSP 可以识别的 3.3 V 范围内的数字信号供 DSP 进行处理。考虑到交流信号衰减部分应尽量减小频率失真,没有采用电容衰减形式,而是采用了电压互感器和电流互感器进行信号转换,同时电压互感器和电流互感器也起到了隔离的作用,避免外界强干扰破坏配变监测单元的内部电路。为了达到电压、电流的同步采样,采用了 Cirrus Logic 公司高度集成的  $\Delta$ - $\Sigma$  16 位 A/D 转换器 CS5451A,该芯片可采用单一+3.3 V 电源供电,内部集成了 6 个  $\Delta$ - $\Sigma$  A/D 转换器、滤波器和一个与微控制器或 DSP 相联接的串行接口。CS5451A 可直接连接测量用互感器,同时该芯片已被初始化和功能完全设置,并包括一个电压参考。

### 3.1.1.3 看门狗电源监视

为了提高配变监测单元运行的稳定性,使用了 MAX706 看门狗电路,使得在 DSP 芯片受到强烈的外部干扰,其内部工作的寄存器发生非程序控制的变化,程序运行的逻辑发生错误,不能按照正常设计的程序流程工作或 DSP 死机时,对 DSP 进行复位,这样配变监测单元重新开始运行。

### 3.1.1.4 实时时钟

由于整个系统需要定时采集数据,记录超过门限值的时间,统计总的掉电时间,因此必须具备在线系统实时时钟。本系统采用带 I<sup>2</sup>C 总线接口的日历时钟芯片 PCF8583T,PCF8583T 具备秒、分钟、小时、日、星期、月和年等信息,内部带有 256 字节的静态 RAM。为了使得日历时钟在掉电的情况下内部 RAM 内容不丢失和内部时钟工作正常,设计电路时配置了备用电池供电,正常情况下采用 3.3 V 的电源供电即可。

### 3.1.1.5 数据存储

考虑到用户需要的数据较多,采用了 3 片结构紧凑、存储容量大、接口简单、操作方便的串行 EEPROM 24C256,该芯片采用 3.3V 的电源供电,用来存储三个月的整点数据(电流、电压、频率、有功功率、无功功率、功率因数、电能量等)和统计数据(三相电压最大值及发生时刻、三相电流最大值及发生时刻、三相电量的最大需量、三相电压越限及合格率),也可以存储配变监测单元所用的系统参数。

### 3.1.1.6 键盘显示

为了便于操作并具备友好的人机接口,设计了键盘和液晶显示。为了简化硬件电路,本系统采用非编码键盘方式,包含 4 个按键:确定键、返回键、移动键和菜单键,主要实现电量参数设置和查看功能。为了配合键盘操作,采用了内藏 T6963C 控制器的点阵图形式液晶显示模块 MGLS12864T 显示相关信息,如电参量数据、参数整定值、故障信息等。

### 3.1.1.7 通信接口

TMS320LF2407 具备一个 SCI 模块,可利用该模块方便地实现 CPU 和 RS232 串口之间的通信,这里采用 MAX202 作为驱动器件进行串行通信。由于 TMS320LF2407 采用+3.3 V 电源电压供电,而 MAX202 使用+5V 电压供电,所以 TMS320LF2407 和 MAX202 之间需要进行电平转换,采用 6N137 光耦隔离器件进行光电隔离和电平转换控制。RS232 接口用来跟 GPRS 无线模块 EP120P 连接,实现配变监测单元与监控主站的通信。

### 3.1.1.8 电源电路

配变监测单元中电压等级较多,CPU 等采用 3.3 V 电压供电,一些器件采用 5 V 电压供电,液晶部分还需要-5 V 的电压来调节对比度。配电网高压通过 PT 供给电源模块 220 V 或 100 V 交流输入,220 V/100 V 交流电经过变压器、整流模块和三端稳压器后转换为 24 V 直流电,24 V 直流电再经过 DC-DC 变换,输出 $\pm$ 5 V 电压供配变监测单元中各模块使用。另外通过 AMS1117-3.3 器件将 5 V TTL 电平转换为 3.3 V 电压,作为 DSP 等器件的供电电源。

### 3.1.2 软件设计

考虑到配变监测单元的实时性和高可靠性,整个程序采用了汇编语言和 C 语言混合编程。DSP 汇编语言特有的循环寻址、比特反转寻址等功能更适合 FFT 运算,快捷方便的中断程序使得程序处理速度更快;而 C 语言开发速度快、可读性好、可移植性好。

软件的主要功能是对配电网的电压、电流进行采样,并进行处理,得到的实时数据保存到静态 RAM 中;一部分实时数据经过分析统计,作为新的统计数据刷新原来的数据,等到零点时刻保存到外围存储器 24C256 中去;整点时刻收集到的实时数据作为历史整点数据直接存储到 24C256 中;主站实时向配变监测单元召唤实时数据、历史数据、统计数据;液晶根据不同的按键值显示相应的实时数据、时间和系统参数等。

软件设计部分遵循模块化的设计方法,以便于

调试。分为初始化模块、自检模块、数据采集和处理模块、通信模块、数据存取模块以及键盘显示模块。软件模块结构如图3所示。

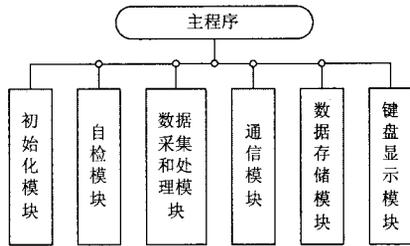


图3 配变监测单元软件模块

Fig.3 Software module of distribution transformer monitoring unit

### 3.2 GPRS 无线模块

为了缩短开发的周期，GPRS 无线模块采用了现成的模块，目前现成的 GPRS 模块种类较多，本系统选用上海毅加智能设备有限公司的 EP120P GPRS 无线数传终端，该产品是针对工业测控这一需求专门开发的 GPRS IP MODEM。它是即插即用，实现 RS232/485 与 PPP/UDP/IP 协议透明转换的专用产品。EP120P 与配变监测单元通过 RS232 接口相连，将用户数据通过透明转换方式完成基于 GPRS 公众无线网络的远程传输。该产品操作简单，用户只需设置一些参数就可以实现将嵌入式系统直接与 INTERNET 相连，实现网络的互连互通。

EP120P 主要特性和技术指标：(1)支持 GSM 900/1800MHZ 双频工作模式；(2)支持语音和中、英文短消息传输；(3)支持 PHASE 2/2+协议；(4)支持较完善的 AT 命令；(5)支持 3V SIM 卡；(6)支持动态域名解析，无需申请专线和固定 IP；(7)开机自动拨号，掉线自动重拨；(8)实现 RS232/485-GPRS 的透明传输，通信接口：RS232/485（三线），±15 kV 静电保护；(9)串口速率：1200 bps~115.2 kbps；(10)工业级设计，适合长期连续工作，抗干扰能力强；(11)宽电源范围：DC5~12 V，24 V 可选；超低功耗，待机时仅 0.12 W，可使用太阳能电池供电；(12)外形小巧(97\*54 mm)，类似名片，全铝合金外壳，简洁美观，安装方便，抗电磁干扰。

### 4 监控主站

监控主站包含监控计算机和配套的后台管理软件。监控计算机采用有线或 GPRS 方式与 Internet 公网连接，采用公网固定 IP 或域名，实现与现场配变监测单元的通信。后台管理软件的设计基于 Windows2000 操作系统，采用 Visual C++6.0 编制。

监控主站的主要功能有：

①管理功能：可以实现对配变台区资料、配变用户资料和系统用户进行管理。

②数据采集及处理功能：监控主站定时或随机召唤带时标的配变监测数据，也可以自动接收配变监测单元上传的数据，并将这些数据存盘、运算、统计分析。监控计算机上带时标的原始数据保存 1 年，统计数据保存 5 年。通过对这些数据的统计与计算，工作人员可以根据分析结果，及时调整配电网的运行状态，保证电网的安全运行。根据计算的总有功功率，也可以初步预测下一阶段的负荷情况。

③校时功能：为了统一各配变监控单元的时间基准，监控主站定时对各配变监控单元进行校时。

④远方控制功能：用户可以在监控主站对现场配变监测单元中的某些参数进行修改、重新设定。

⑤数据库查询功能：监控主站采用安全、可靠的数据库，建立标准的数据模型和数据字段。可以查询任意时段配变的历史数据、事件记录、报警记录等。提供方便的数据维护接口，在权限范围内提供数据接口，为负荷预测、线损分析提供准确的数据源。

⑥统计分析功能：监控主站提供强大的数据统计、分析功能，统计任意时段某台配变的停电时间和次数、统计任意时段某台配变的需量和最大、最小需量及发生时间、统计任意时段某台配变的电压合格率、负荷率等。为用户提供准确实用的统计数据，为配变科学管理提供关键数据。

⑦报表和曲线处理功能：监控主站可以针对某一配变线路或某配变自动生成日报表、月报表、年度报表等汇总报表。报表可直接进行预览、打印。日报表统计一天 24 小时定时存储的运行参数、累计停电时间、过压、过流报警等情况。自动生成趋势曲线，直观的反映出各配变的运行趋势。曲线可任意放大、缩小和拖动。

### 5 结束语

实现我国中低压配电网自动化，是提高供电质量、用电可靠性和提高电力企业自身水平的需要，GPRS 作为一种新的通信手段，应用在配电自动化中，能准确、实时地监测电网中的各项数据，监测无人现场设备的运行状况，实现合理管理，从而节约成本，为其创造新的利润再增长机会。基于 GPRS 无线通信的配变监测系统是一个比较有应用前景的实现方案，它对配电系统电压稳定、经济运行和保证供电质量等方面具有重要意义。

(下转第 75 页 continued on page 75)

据此确定故障点位置<sup>[4]</sup>。

#### 2.2.4 报表生成与通信

装置可实现在记录完毕后生成报表的功能, 可以根据内容生成不同格式的报表<sup>[5]</sup>。而且在多通道的情况下, 可以按照测试人员的要求选择其中某些通道的数据, 动态生成报表<sup>[6]</sup>。

本装置既可以将采集到的故障数据自动进行分析处理, 也可以通过网络把故障数据传送至调度中心供综合分析。采用的通信方式是基于TCP/IP协议的以太网通信, 由LabVIEW程序实现, 具有通信速度快, 实时性高、可靠性强等优点。

### 3 结束语

本文介绍了一种新型便携式故障录波与分析装置的设计特点及功能配置, 该测试分析装置采用工控机和PCI数据采集卡, 应用了虚拟仪器、信号处理等先进技术, 提高了录波装置的总体性能, 能够更好地满足运行现场的实际需要。

#### 参考文献

- [1] 杨乐平, 李海涛, 赵勇, 等. LabVIEW高级程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [2] 郑敏, 黄华林, 吕鹏, 等. 故障录波数据通用分析与管理软件的设计[J]. 电网技术, 2001, 25(2): 75077.  
ZHENG Min, HUANG Hua-lin, Lü Peng et al. General Analysis and Management Software for Transient Data

Form Protective Relaying and Fault Recorder[J]. Power System Technology, 2001, 25(2): 75-77.

- [3] 220-500kV电力系统故障动态记录技术准则[S]. 中华人民共和国电力工业部, 1994.
- [4] 葛耀中. 新型继电保护与故障测距原理与技术[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1996.
- [5] 汪翠英, 裴锋. LabVIEW中Excel报告生成功能开发[J]. 仪表技术, 2005, (3): 60-61, 64.  
WANG Cui-ying, PEI Feng. Development of Excel Report Generation Function Based on LabVIEW[J]. Instrumentation Technology, 2005, (3): 60-61, 64.
- [6] 邹坚, 李世平等. 基于LabVIEW的自动测试系统中的报表生成研究[J]. 自动化仪表, 2006, 27(11): 68-70.  
ZOU Jian, LI Shi-ping et al. Study on LabVIEW-based Report Generation in Automatic Test System[J]. Process Automation Instrumentation, 2006, 27(11): 68-70.

收稿日期: 2008-02-27; 修回日期: 2008-03-27

作者简介:

王晓兰(1963-), 女, 教授, 研究生导师, 研究方向为智能控制系统; E-mail: wxlgd@263.net

李建海(1979-), 男, 讲师, 硕士研究生, 主要研究方向为电力系统自动化;

肖骏(1962-), 女, 硕士, 主要研究方向为电力系统继电保护。

(上接第72页 continued from page 72)

#### 参考文献

- [1] 吕捷. GPRS技术[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2001.  
Lü Jie. GPRS Technology [M]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications Press, 2001.
- [2] 文志成. 通用分组无线业务—GPRS [M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.1  
WEN Zhi-cheng. General Packet Radio Service - GPRS[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2004.1
- [3] 隋振有. 中低压配电实用技术[M]. 北京: 机械工业出版社出版, 2002.  
SUI Zhen-you. MV/LV Distribution Operative Technology [M]. Beijing: China Machine Press, 2002.
- [4] 王函韵, 温云波. 基于GPRS技术的配电网通信解决方案[J]. 电力科学与工程, 2003, 4: 46-49.  
WANG Han-yun, WEN Yun-bo. Solution Scheme for

Distribution Communications System Based on GPRS Technology[J]. Electric Power Science and Engineering, 2003, 4: 46-49.

- [5] 朱士豪, 刘建戈. 基于DSP的配电变压器综合测控装置[J]. 电工技术, 2007, (10): 27-29.  
ZHU Shi-hao, LIU Jian-ge. DSP-based Distribution Transformer Integrated Measuring Control Unit[J]. Electric Engineering, 2007, (10): 27-29.
- [6] 刘和平等. TMS320LF240X DSP结构、原理及应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.  
LIU He-ping et al. TMS320LF240X DSP Structure, Principle and Application[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2002.

收稿日期: 2008-08-07; 修回日期: 2008-08-12

作者简介:

郭宗莲(1973-), 女, 高级工程师, 本科, 主要从事电力测控方向的研究. E-mail: gzl-112@163.com