



基于 ZigBee 与 GPRS 的低压多回路综合监测系统设计

摘要

设计了一种低压多回路综合监测系统,它包括用于采集现场数据的传感器以及具有 ZigBee 通信功能的数据采集节点。数据采集节点能够通过传感器获取现场数据信息。数据采集节点通过 ZigBee 通信网络与数据网关连接,数据网关通过数据线与便携 PC 连接,便携 PC 能够对获取的数据信息进行存储和处理。该系统有如下优点:可同时对多个回路的电参量和开关状态实时监测,方便对电网潜在问题进行分析排查,具有很好的可靠性和实时性,具有很强的便携性,下层数据采集网络采用 ZigBee 架构,采集点数量多,可轻松增加节点数量,无需布线,便于现场多回路监测装置的快速部署搭建。

关键词

ZigBee 技术;多回路数据采集;stm32;USB 通信

中图分类号 TP273

文献标志码 A

收稿日期 2015-12-31

作者简介

邵长亮,男,工程师,主要从事电力系统自动化方面的研究.34097737@qq.com

¹ 江苏省镇江供电公司,镇江,212028

² 江苏镇安电力设备有限公司,镇江,212028

0 引言

目前,低压配电网经常发生开关过负荷、三相不平衡跳闸、低电压等客户报修故障。为排除故障,抢修人员必须首先采集相关数据进行分析以确定故障原因,但目前各类监测终端仅能对配变关口和表箱端进行单回路数据采集,且为固定式安装,无法实现便携式多回路的数据采集功能。若依靠人工现场测量,往往只能对单点的数据进行测量,无法实现全时段多点位的数据采集与分析。为了解决上述技术问题,本文设计了一种低压多回路综合监测装置,该装置通过传感器获取现场数据信息,经 ZigBee 通信网络与数据网关连接,再通过便携式 PC 接收、处理与发送信息,可以实现对多回路电参量和开关状态的多点、远程、实时监测,系统的具体功能如下:

- 1) 可以对多回路电参量和开关状态实时监测;
- 2) 便携式低压多回路综合监测装置充分体现了便携性,拆除与安装方便,体积较小,可实现便携式安装;
- 3) 各参量还可通信输出,实现了对监控回路的集中测量和监视,采集数据可直接 U 盘读取,也可远程无线通信上传,装置可实现智能断电等功能。

1 原理与设计

本文所研究的基于 ZigBee 的低压多回路综合监测系统属于智能仪表研究范畴,其核心是通过 ZigBee 与 GSM 网络,实现无线多通道数据采集和通信,达到远程监控的目的。目前,ZigBee 技术已经被广泛应用于精密配电柜数据采样、远程水电表智能抄表系统等领域,主要与无线红外传输、GPRS 通信配合使用,达到远程数据通信的目的^[1],也可以通过 ZigBee 实现多点同时采样^[2]。本文所研究的系统实现了配电网多回路参数的多点、远程采样与上下位机通信,大大提高了电网故障的定点、采样速度,提高了故障排除的效率,有重大的应用价值。

整个系统采用模块化设计,最大程度满足便携性便利性要求。系统组成包括:数据采集节点、数据网关、便携式计算机、GPRS 通信模块和远程终端。主要器件选型为:数据采集节点主控芯片 STM32F405RGT6; ZigBee 网络控制器 CC2530F256RHAR;电源芯片 TPS76333、TPS61070;

运放 OPA313; GPRS 通信模块 USR-GPRS232-701-2. 系统结构如图 1 所示.

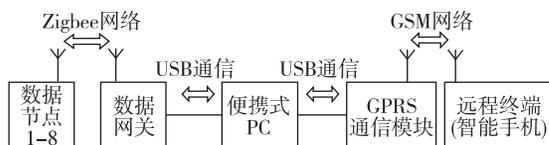


图 1 系统结构

Fig. 1 Structure of a multicircuit monitoring system

在本系统中,每个回路的电参数和开关状态由各个数据采集节点通过传感器获得,并且通过各个数据采集节点内置 CPU 进行电参量计算,直接得到电压、电流有效值,平均功率,电压、电流畸变率等电能质量参数,这些参数随后直接通过 Zigbee 网络传输至数据网关进行通信协议转换,然后通过 USB 通信接口将数据传输到便携式通用 PC,通用 PC 对数据进行存储、显示、绘表、分析以及报警信息的发布.此外,这些数据还可通过 GPRS 通信模块发送至远程终端,实现远程监测、无人监测及远程报警.

1.1 数据采集节点模块

数据采集节点直接挂在被测回路上,实时采集电压、电流信号,并进行数据处理以及打包上传.数据采集节点硬件主要包括:CT、PT、信号调理电路、A/D 采样电路、主控芯片、ZigBee 通信电路以及电源电路.数据采集节点系统如图 2 所示.

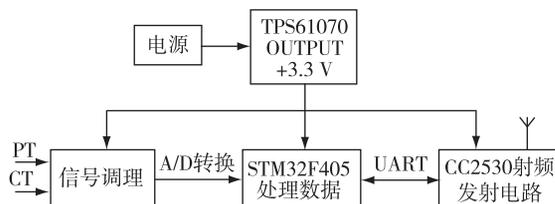


图 2 采集节点系统

Fig. 2 Block diagram of data acquisition node system

微控制器采用 ST 的基于 Cortex™-M4 为内核的 STM32F4 系列高性能微控制器,集成了 DSP 和 FPU 指令,210DMIPS@168 MHz 的高速性能使得数字信号控制器应用和快速的产品开发达到了新的水平,提升了控制算法的执行速度和代码效率,可实现实时 FFT 运算,为相关电参数计算提供了保证.此外,STM32F4 还提供 12 位采样精度、2.4 Msps 采样率的 A/D 转换器,高速 USART 接口等多种实用外设,为嵌入式产品开发提供了更多解决方案.

电压电流信号经过 CT 和 PT 转换后进入信号调理模块进行衰减、滤波、放大,随后进入 STM32F4 的内置 AD 转换器进行模数转换,STM32F4 将得到的数据进行数学运算,得到多种电参数,这些电参数随后经过 UART 送入 CC2530 (ZigBee 网络控制器以及 RF 发射) 的内置缓存,再由 CC2530 将数据通过 ZigBee 网络发送至数据网关.整个过程可在数毫秒内完成,为电参数的采集提供了较高的实时性.

数据采集节点软件方面采用 ARM 公司的 Real-View MDK4.74 作为软件集成开发环境,根据硬件设计与功能分析开发数据采集程序、数据处理程序、控制及通信程序.数据采集程序进行电流/电压等参数的 AD 采样控制、滤波及存储;数据处理子模块进行有功功率、无功功率、功率因数的计算以及通过 FFT 算法进行谐波分析;控制及通信程序负责功能控制、自我保护及数据通信功能.程序流程如图 3 所示.

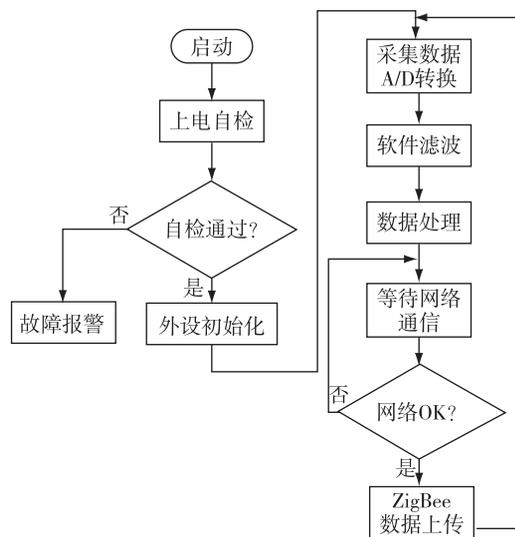


图 3 数据采集节点软件流程

Fig. 3 Flow chart of data acquisition

1.2 数据网关模块

数据网关就是数据通信中的一个协议转换器,负责将 ZigBee 无线网络传过来的数据转换成 USB 的通信协议,将电参数数据与通用 PC 的数据接口进行匹配,以达到将数据变成 PC 能够接收的形式为目的.数据网关主硬件要包括:电源、主控芯片、ZigBee 通信接口和 USB 通信接口.数据网关系统如图 4 所示.

软件方面还是采用 ARM 公司 RealView MDK4.74 作为软件集成开发环境,根据硬件设计与功能分析开发 ZigBee 通信驱动程序、USB 通信驱动程序、协议转换程序、节点协调程序及控制程序等.

数据网关程序流程如图 5 所示.

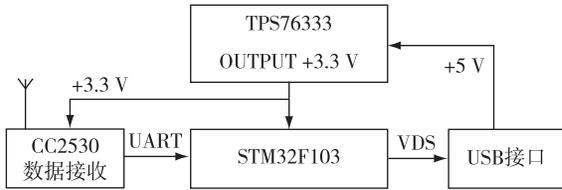


图 4 数据网关系统

Fig. 4 Block diagram of data gateway system

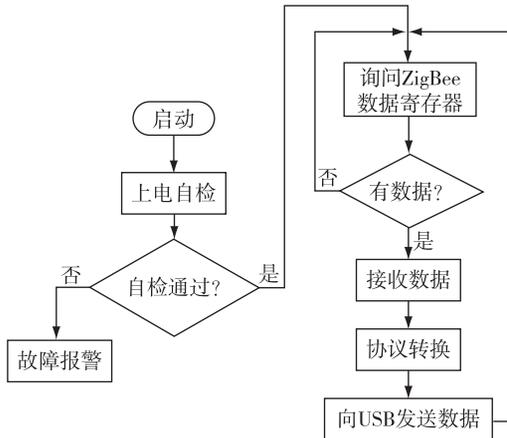


图 5 数据网关程序流程

Fig. 5 Flow chart of data gateway program

软件载体为笔记本电脑或者平板电脑,软件由 C#编写,编程效率高,人机界面友好,适合数据显示、分析和存储.节点数据透过网关通过 USB 接口传输至 PC 上,利用 PC 显示器显示电参数,绘制图表,进行人机交互,同时利用 PC 硬盘进行数据存储.相关

参数如表 1 所示.

表 1 人机界面相关参数

Table 1 Man-machine interface parameters	
分辨率	800 像素×480 像素
亮度	250 cd/m ²
触控面板	4 线精密电阻网络
CPU	800 MHz RISC
存储器	128 MB 闪存+64 MB 内存
RTC & 配方存储器	512 KB+实时时钟
可扩展存储器	1 USB Host
以太网	支持
程序下载	USB/串口
通信接口	RS232
额定功率	7.2 W
额定电压	DC 24 V
输入范围	12~28 V DC
允许失电	<3 ms
绝缘电阻	超过 50 MΩ@ 500 V DC
耐压性能	500 V AC 1 min

PC 显示的电压、电流等相关参数及曲线如图 6 所示.

此外,PC 还可以通过外挂 GPRS 通信模块将数据发送至远程终端,可实现现场回路进行远程监控、无人监控以及远程报警等功能,也可以将数据通过 GPRS 通信模块发送至云服务器,以网页或者客户端的形式得到现场回路的实时监控数据,提高管理层对于数据的知情度,提高数据利用率.

GPRS 通信模块采用有人物联网有限公司的 GPRS DTU 无线数传终端,基本网络参数如表 2 所示.

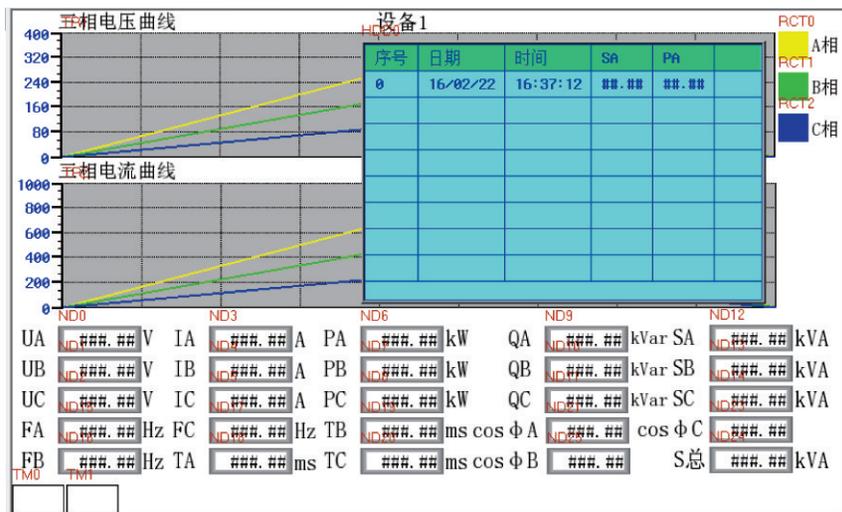


图 6 PC 显示相关参数界面

Fig. 6 PC display related parameters

表 2 主要 GPRS 网络参数

标准	GSM/GPRS
速率	14.4~57.6 Kbps
标准频段	850/900/1 800/1 900 MHz 四频
GPRS Multi-slot Class	GPRS Class 10
GPRS Terminal Device Class	Class B
GPRS Coding Schemes	CS1 ~ CS4
最大发射功率	GSM900 Class4(2 W), DCS1800 Class1(1 W)
应用方式	GSM 标准 AT 指令集/有人扩展 AT 指令集/数据传输/短信息传输
网络协议	TCP, UDP, DNS, Http client
网络链接数	4
断线缓存	4×15 KB(每条链路 15 KB)
网络接收缓存	30 KB

GSM 模块是通过 AT 命令规范来编制信息指令的,这种 AT 命令规范是一种通用开源的指令系统,可以很方便地编制程序,用户终端通过 AT 编码向 GSM 模块发出各种命令.AT 指令编码方式如表 3 所示.

表 3 主要的 AT 指令

AT 指令	功能
AT+CMGC	发出一条短消息命令
AT+CMGD	删除 SIM 卡中的短消息
AT+CMGR	读短消息
AT+CMGS	发送短消息
AT+CSCAM	短消息中心地址
AT+CSMP	选择短消息服务

编码选择 TEXT 和 PDU 两种模式.其中 TEXT 模式操作简单,编码容易,最大的缺点是不支持中文;PDU 支持语言种类多,可以方便地编制中文信息.PDU 模式收发短消息可以使用 7 位、8 位和 UCS2 编码方式.从模式手册可知,PDU 编码由字母 A~M 13 项组成.具体说明如下所示:

- A:短信息中心地址长度,2 位十六进制数.
- B:短信息中心号码类型,2 位十六进制数.
- C:短信息中心号码,B+C 的长度由 A 中的数据决定.
- D:文件头字节,2 位十六进制数.
- E:信息类型,2 位十六进制数.
- F:被叫号码长度,2 位十六进制数.
- G:被叫号码类型,2 位十六进制数,取值同 B.
- H:被叫号码,长度由 F 中的数据决定.

I:协议标识,2 位十六进制数.

J:数据编码方案,2 位十六进制数.

K:有效期,2 位十六进制数.

L:用户数据长度,2 位十六进制数.

M:用户数据,其长度由 L 中的数据决定.J 中设定采用 USC2 编码,这里是中英文的 Unicode 字符^[3].

在本文中,所有汉字指令均使用自动编码软件进行编码,这种 PDU 编码的小型软件在电子论坛等相关网站被自由分享.本文使用上海龙兰新电子有限公司编制的 PDU 转码软件进行编码,如需发送汉字为“开始检测”的短消息,该短消息所对应的 PDU 码即为 0011000D91688197060087F50008A705F005-9CB68C06D4B(运行界面图略).

远程数据终端以个人手机或者专用终端为平台,这些平台运行 Android 系统,最终以 APK 安装包的形式进行远程数据终端的部署.这种方案成本低廉,硬件只需一部手机即可,部署方便,凡是获得 APK 安装包和权限的人就可获得实时现场回路数据及报警信息;可扩展性强,可以借手机强大的信息处理能力对数据进行再挖掘,提升数据利用价值;人机界面友好,软件开发上可借助当下众多 GUI 开发素材,提升用户体验感;及时性高,手机一般随身携带,现场遇到问题可在第一时间将信息传达到首要负责人,解决问题时间大大缩短,提升工作效率.

1.3 各主要模块电路接口

CPU 控制处理中心部分集成了电源指示和采样部分的处理和输出,以及相关需要的输入和输出接口部分(ST 单片机的系统应用部分).单片机型号选型为 STM32F4,集成了 DSP 和 FPU 指令,通过 210DMIPS@168 MHz 的高速数据处理能力实现实时 FFT 运算,通过 12 位采样精度、2.4 Msps 采样率的 A/D 转换器、高速 USART 接口等多种实用外设,实现数据的精确、高速处理.

无线传输采用 ZigBee 网络控制 cc2530,可以将采样的数据以无线的方式传输到后台进行处理.通过一个 5 通道 DMA 直接访问 stm32 内存,可以快速实现数据的读写,通过 IEEE 802.5.4 MAC 定时器、通用定时器(一个 16 位定时器,一个 8 位定时器)、具有捕获功能的 32 kHz 睡眠定时器与中断系统实现数据的即时采样并可以大大降低功耗,通过 cc2530 的 8 路输入和可配置分辨率的 12 位 ADC,可以实现多参数采样并可以进行后续的扩展.

电能转换电路确保芯片供电的部分和初级的 220 V AC 在物理意义上完全隔离。

采样的模数转换过程:通过传感器与模数转换器 ADE7878 采样得到 0~5 V 或 4~20 mA 模拟信号。

2 总结

随着互联网技术与电力系统技术的发展,物联网、云计算、数据挖掘、GPRS 移动应用^[4]等技术快速兴起,智能化、信息化成为电网技术发展的必然趋势。为了提高用电效率、减少电能浪费、加速故障诊断与排除速度,必须实现企业变电站管理专业化、智能化、可视化,推动企业建立长期能效管理机制。本装置基于 CC2530 (ZigBee 网络控制器以及 RF 发射)芯片,设计灵活、功能多样,主要特点是:

1)可现场对配电回路进行数字化监控,数据可远程集中显示,方便数据汇集分析;全时段数据采集分析存储,可配备大容量存储设备,实现长时间数据录制,方便对电网潜在问题进行分析排查。

2)下层数据采集网络采用 ZigBee 架构,采集点数量多,可轻松增加节点数量,无需布线,便于现场多回路监测装置的快速部署搭建。

3)充分体现便携性,采用模块化设计,体积小巧、携带方便。

4)多回路配电电路监测(最多可实现 8 路监测)。

本装置整体上满足了配电网数据采集、监控和管理需要,为分析故障原因提供了重要的基础数据,系统运行可靠,达到了设计要求。

参考文献

References

- [1] 李世明,徐广祎,赵艳,等.基于 ZigBee 的无线传输红外线计数系统研究[J].洛阳师范学院学报,2008,27(2):47-48
LI Shiming, XU Guangwei, ZHAO Yan, et al. The research on the wireless transportation infrared counter system based on ZigBee[J]. Journal of Luoyang Normal University, 2008, 27(2):47-48
- [2] 雷纯,何小阳,苏生辉.基于 ZigBee 的多点温度采样系统设计与实现[J].自动化技术与应用,2010,29(2):43-46
LEI Chun, HE Xiaoyang, SU Shenghui. Design and realization of mutil-node temperature acquisition system based on ZigBee [J]. Techniques of Automation and Applications, 2010, 29(2):43-46
- [3] 刘芳,张云.基于 ATmega16 与 TC35i 实现中文短信息收发[J].有色冶金设计与研究,2011,32(4/5):181-184
LIU Fang, ZHANG Yun. Receiving & sending Chinese SMS based on Atmega16 and TC35i [J]. Nonferrous Metals Engineering & Research, 2011, 32 (4/5): 181-184
- [4] 耿新民,孙锦中.基于 ARM 和 GPRS 的无线通信系统设计[J].仪表技术,2009(1):44-45
GENG Xinmin, SUN Jinzhong. Design of wireless communication system based on ARM and GPRS [J]. Instrumentation Technology, 2009(1):44-45

Design of integrated monitoring system for low voltage multicircuit based on GPRS and ZigBee

SHAO Changliang¹ DAI Kexing¹ CHEN Yang² PANG Lingyu²

1 Zhenjiang Power Supply Company of Jiangsu Province, Zhenjiang 212028

2 Jiangsu Zhenan Power Equipment Co Ltd, Zhenjiang 212028

Abstract A low voltage multi-loop circuit monitoring system is designed, which integrates sensors and nodes for in-spot monitoring and data acquisition, ZigBee and GPRS for data transmission. The acquired data are transferred through ZigBee communication network to data gateway, which can be connected to a portable PC for information storage or processing. The hardware design, software design and parameters setting are described in detail. The system is characterized by real-time monitoring of electrical parameters and switching state for multiple circuits, thus is helpful for diagnosis and solve of possible grid problems. Adoption of ZigBee technology makes the wireless monitoring system scalable, reliable and secure, besides, the numerous sensors and convenience for node add make the system easy to install and quick for deployment.

Key words ZigBee; multi-loop data acquisition; STM32; USB communication