

# 基于 GPRS网络的新型环网柜终端

刘翔宇, 王文成

(中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083)

摘要: 由于在配电系统的环形供电网络中供电线路分散性大, 使得电缆、光缆的有线通讯方式投资大、可靠性低, 该文提出并研制了基于 GPRS(通用分组无线业务)网络的新型环网柜终端, 该终端以 DSP为核心, 对配电网中的电压、电流、三相总的有功电量、无功电量以及环网柜电缆出线故障进行监测, 是集环网柜终端、电能表、无功补偿装置为一体的新型设备。通过 GPRS网络为信道传输数据, 实时性好、可靠性高、投资小。

关键词: 环网柜; GPRS; FTU

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2005)17-0066-04

## 0 引言

为提高供电可靠性, 目前在配电系统的 10 kV 线路中多数采用的方式是环网供电, 使配电网架满足  $N - 1$  的可靠性原则<sup>[1]</sup>。由于配电网的分散性, 环网柜同中央控制室的通信信道成为一个备受关注的问题, 在地理情况复杂的城市配电网中采用电缆、光缆的通讯方式投资成本高, 建设周期长, 而且由于其他原因破坏地下电缆的事情也常有发生。随着移动数据业务的发展, 移动网络特别是 GPRS网络的技术逐渐成熟, 覆盖面越来越广, 通信方式日趋多样化, 为 GPRS网络在配电系统中的应用奠定了良好的基础。

GPRS是一种新的 GSM 数据业务, 它可以给移动用户提供无线分组数据接入服务, GPRS主要是在移动用户和远端的数据网络之间提供一种连接, 从而给移动用户提供高速无线 IP 和 X.25 服务, GPRS主要有以下几个技术优势<sup>[3]</sup>:

1) 资源利用率高。采用分组交换模式, 用户只在接收和发送数据期间才占用资源, 这意味多个用户可以高效率地共享同一无线信道。

2) 传输速率高。GPRS可以提供高达 115 kbit/s 的传输速率。

3) 接入时间短。分组交换接入时间缩短为少于 1 s, 能够提供快速即时的连接, 可大幅度提高一些事务的处理能力。

4) 支持 IP 协议和 X.25 协议, 推动移动和数据网络的融合。

终端通过 GPRS网络的通讯方式如图 1 所示, GPRS网络可以提供 TCP/IP 和 X.25 业务, 空中加密业务及增强型短信业务 (E-SMS) 等<sup>[4]</sup>。这些业

务都可以广泛地用在电力设备上, 实现数据的高速、可靠、无线传输。

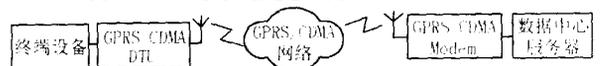


图 1 利用 GPRS网络的终端设备通讯方式

Fig 1 Communication mode of the terminal based on the GPRS network

本文采用 GPRS网络为通信信道的配电网环网柜终端 (FTU) 在解决低成本和高可靠性方面做了一些尝试。

## 1 工作原理及功能概述

环网柜的内部单元结构由三部分组成: 环网开关柜、终端监控单元、外壳<sup>[2]</sup>。如图 2, 柜 1、柜 2 为环网进线柜, 都装有负荷隔离开关, 具有电动操作功能。内置电压互感器作为环网柜的电源, 不需要外接电源, 减少外接费用<sup>[5]</sup>。

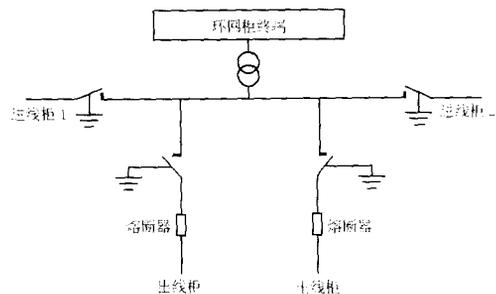


图 2 环网柜接线图

Fig 2 Connection of the switchgear cubicle

在环网柜终端的内部有备用电池, 在正常情况下由终端内部自带的充电回路为电池智能充电, 在停电的时候, 终端可由电池供电 1 h 以上, 大大提高

了系统的可靠性。

进出线各回路配备了电缆线路故障指示器,能方便地检测出电缆故障回路,在终端接收到故障指示器的信号后,通过 GPRS网络的增强型的短信服务(E-SMS)向控制中心报告以便及时隔离故障回路。通过短信发出的故障报警可以同时向几个控制中心报告。各个控制中心同时也可以通过 GPRS网络以短信的方式对环网柜终端的参数进行设置,控制负荷开关,对各个出线的负荷情况进行查询。

在过负荷运行的时候由终端主动向控制中心上报。对于电压、电流、各相的有功功率、无功功率、有功电度、无功电度均可以通过 GPRS网络由控制中心向环网柜终端进行查询,在大量数据需要交换的时候,控制中心通过 GPRS网络的数据传输服务通过拨号的方式对终端的诸如历史数据、实时数据、控制参数进行查询。

线路的无功功率超过系统设定限值时,可对当地 1~12组电容器进行循环投切,并有过压、欠压闭锁、相序错、谐波越限闭锁等功能;具有继电器输出和电平控制输出两种方式。继电器输出可直接控制接触器,做有触点低压无功补偿控制器;可通过控制 1组可控硅组成复合式投切无功补偿装置。电平控制输出可直接控制可控硅过零触发模块,做无触点低压无功补偿装置的控制;也可通过转换模块实现复合式投切电容器,做复合式投切无功补偿装置的控制。

## 2 硬件设计

图 3给出了为实现上述功能而设计的基于高性能定点 DSP的控制系统的硬件框图。CPU采用 MOTOROLA公司的 16位 DSP型单片机 56F807,其内核采用哈佛结构,关键部分采用双哈佛结构,内核有 3条内部的地址总线 XAB1, XAB2和 PAB, 4条内部数据总线 CGDB, PDB, PGDB, XDB2,分别对应内部的数据和程序存储器的操作<sup>[6]</sup>。在一个指令周期内可以并行地处理 1条指令和 2个内部存储器数据的读操作。内部的最高工作频率为 200 MHz。

采用电能计量芯片 ADE7758对前端的电压、电流等量进行采样、处理。提供有功/无功/视在电量、电压/电流有效值,以及波形采样数据等,有 2路电能脉冲输出,有功电能精度能达到 0.5级或以上,无功电能精度能达到 1级以上<sup>[7]</sup>。

GSM模块采用 WAVECOM公司的 Q2403A,可以兼容 900 MHz和 1800 MHz的 EGSM/GPRS,内部

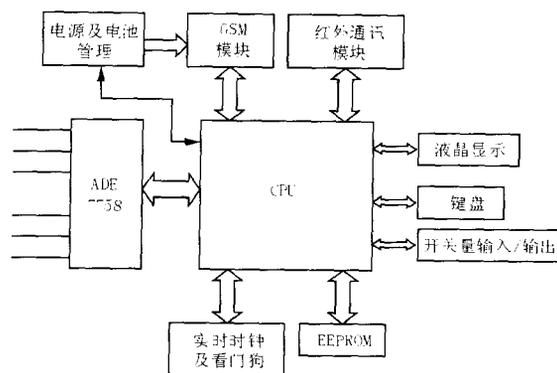


图 3 硬件原理框图

Fig 3 Principle of the hardware

有 16 M的 FLASH存储器和 2 M的 SRAM存储器,EGSM无线模块在 3.6 V运行功耗是 2 W, GSM1800无线模块在 3.6 V运行功耗是 1 W,由于终端内空间的限制,变压器的容量不可能做得很大,在 GSM模块搜索网络需要较大电流的时候可以由内部的电池提供一些额外的能量,网络信号的强弱和电池的电量可以从 GSM模块中直接读出显示在液晶显示屏上,Q2403A支持标准的 AT指令集,通过标准的 232口和 CPU进行通讯。

充电电路采用德州仪器公司的 bq24010,它能够对 Li-Ion电池进行线性的充电操作,采用电流的大小来检测充电是否完成,具有电池状态检测和短路检测电路。电源管理电路对整机的电源状况进行检测,在正常的通电状态下 GSM模块,LCD背光,CPU的电源打开,电池处于充电或休眠状态,在停电由电池供电的情况下,首先关闭 LCD背光,当检测到的电池电压下降到一定程度时关闭 GSM模块和 LCD的电源,到系统电压低限的时候,转移存储重要的数据,关闭外围的设备,最后由 CPU关闭自身的电源。

开关量的输入主要是接收来自电缆故障指示器的故障信号,对于电缆的短路和接地故障进行检测报警,开关量输出是通过继电器对负荷开关进行分合操作。

## 3 软件设计

设计上充分利用 MOTOROLA公司提供的 SDK软件包,将程序划分为电气测量量读取;运行历史数据存储、读取;GPRS模块及串口通讯和液晶显示等几大模块,程序存储在 56F807内部的程序 FLASH。为了保证测量的精度,各相的测量数据的读取放在由 7758测出的各相电压过零点处的过零中断函数

中进行。程序流程图如图 4、图 5 所示。

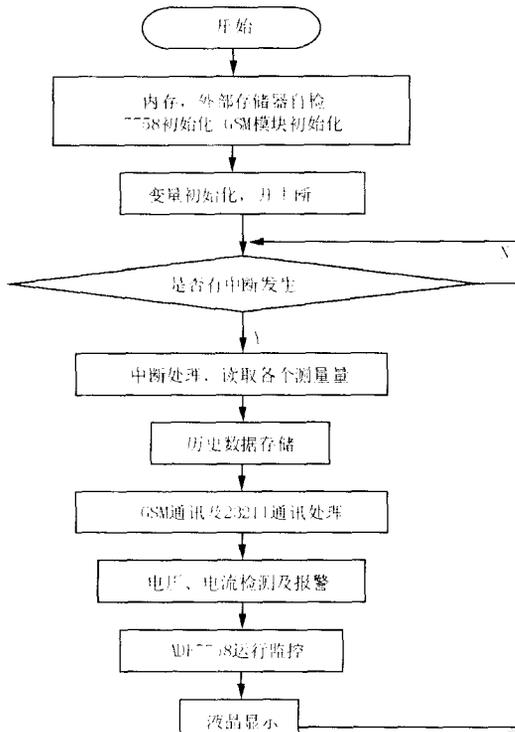


图 4 主程序流程图

Fig 4 Flow chart of the main program

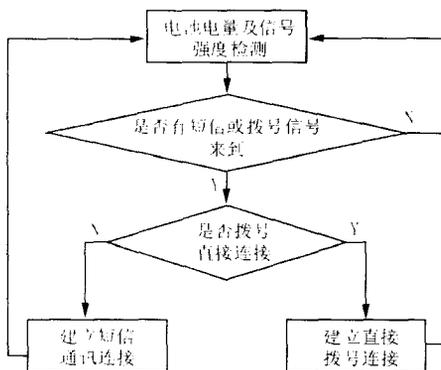


图 5 GPRS网络通信流程图

Fig 5 Flow chart of the GPRS communication

#### 4 运行测试结果

样机实验测试采用 DZ603 三相电能表检定装置。对样机的精度实验数据如表 1 所示,实验的结果表明环网柜终端的电压测量精度达 0.2 级,电流测量精度达 0.2 级,有功精度 0.5 级,无功精度 1 级,达到国家标准。

在加入不同次谐波的情况下,测试得到系统的频率响应特性见图 6 所示。

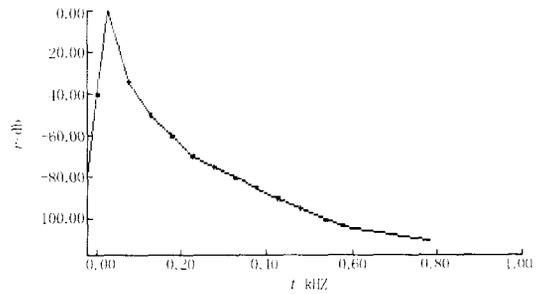


图 6 系统频率响应

Fig 6 Frequency response of the system

由图 6 可以看出环网柜终端对高次谐波有逐渐增大的衰减特性,可以有效地避免高次谐波对电能计量的影响。

对 GPRS 网络通讯在一天中的各个时段进行实验,数据表明在网络比较繁忙的时段,短信从发出到接收到的延时在 1~2 min,在平常的情况下延时在 30 s 左右,对于拨号的直接数据传输,采用 9 600 的波特率进行通讯,数据的可靠性和误码率都能达到国家标准。

表 1 环网柜终端精度实验结果

Tab 1 Test result of the precision of switchgear cubicle

实验点	基准电压 /V	基准电流 /A	功率因数	平均相对误差 /%
1	220	6	1.0	+0.007
2	220	6	0.5	+0.277
3	220	5	1.0	+0.012
4	220	5	0.5	+0.249
5	220	2.5	1.0	+0.028
6	220	2.5	0.5	-0.04
7	220	1	1.0	+0.06
8	220	1	0.5	-0.042

注:平均相对误差是三次测量相对误差的平均值

#### 5 结论

1) 基于 GPRS 网络的环网柜终端有效地解决了由于配电网的分散性而造成的通讯信道投资大,可靠性低的缺点,在 GSM 网络日益发达的今天是一种比较好的解决方案。

2) 采用拨号的数据传输方式可以满足大量数据无线传输的需要,并且可以远程校准时间,误差在 1 s 以内,解决了目前配电网终端校时困难的问题。

3) 环网柜终端同时具有电能表、无功补偿的功能,具有良好的经济效益。

4) 实验表明采用新型的电能计量芯避免了电网中谐波对电能计量的影响,使环网柜终端达到了 0.2 级四象限电能表的要求,保证了供电方和用电方的权益。

## 参考文献:

- [1] 张建功, 杨子强, 王建彬, 等. 配电自动化实用模式探讨 [J]. 电网技术, 2003, 27(1): 80-83, 87.  
ZHANG Jian-gong, YANG Zi-qiang, WANG Jian-bin, et al Research on Several Practical Modes of Distribution Automation [J]. Power System Technology, 2003, 27(1): 80-83, 87.
- [2] 林芳, 邱振敏. 浅析环网柜在城网改造中的应用 [J]. 电气开关, 2002, (1): 31-33.  
LN Fang, QIU Zhen-min Elementary Analysis for Application of Looped Network Cabinet in City Network Transform [J]. Electric Switchgear, 2002, (1): 31-33.
- [3] 黄宇红, 孙少陵. 通用分组无线业务 [J]. 电信科学, 2002, (5): 7-10.  
HUANG Yu-hong, SUN Shao-ling General Packet Radio Service [J]. Wireless Communication Technology, 2002, (5): 7-10.
- [4] 邓志成. GPRS技术与市场 [J]. 通信世界, 2000, (5): 27.  
DENG Zhi-cheng GPRS-Technology and Market [J].

- Communication World, 2000, (5): 27.
- [5] 钟志伟, 冯文胜. 浅谈 10 kV 环网柜在城市配电网中的应用 [J]. 广东电力, 2001, 14(4): 45-46, 49.  
ZHONG Zhiwei, FENG Wen-sheng Application of 10 kV Switchgear Cubicle for Loop Network to Urban Power Distribution Network [J]. Guangdong Electric Power, 2001, 14(4): 45-46, 49.
- [6] DSP56F801/803/805/807 16 - Bit Digital Signal Processor User's Manual MOTOROLA [Z]. 2003.
- [7] Poly Phase Multifunction Energy Metering IC with per Phase Information Rev 0 ANALOG DEVICES [Z]. 2003.

收稿日期: 2004-12-08; 修回日期: 2005-03-16

## 作者简介:

刘翔宇 (1982 - ), 男, 硕士研究生, 从事电力系统自动化、电能质量分析、谐波治理等方面的研究; E-mail: l\_xiuxy@163.com

王文成 (1968 - ), 男, 助理研究员, 从事智能控制、变电站自动化、微机自动化方面的教学与科研工作。

### Research on the advanced switchgear cubicle for loop network based on GPRS network

LIU Xiang-yu, WANG Wen-cheng  
(China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The distribution of the urban power distribution network lead to incredible amount of investment and poor credibility of the communication by means of coaxial cable and optical cable. To solve this problem, a new type of advanced switchgear cubicle based on GPRS network is developed. The central part of the terminal is DSP. The voltage, current, active power, reactive power and the fault of the power cable of three phase can be monitored. It is the equipment that comprise switchgear cubicle, power meter and SVC. It takes the GPRS network as its communication channel with the advantage of real-time, high reliability and low cost.

**Key words:** switchgear cubicle; GPRS; FTU

(上接第 61 页 continued from page 61)

### Practical design of intelligent substation automation systems

LI Hong-bo<sup>1</sup>, ZHANG Ji-zan<sup>1</sup>, CUI Jian-guo<sup>2</sup>  
(1. College of Mathematics and Information Science, Yantai Normal University, Yantai 264025, China;  
2. Dongfang Electronics Group, Yantai 264001, China)

**Abstract:** The problems with IED in transformer substation automation systems (SAS) on adaptability, stability and general use are analyzed. Adaptability of software in SAS with interface object and template file are enhanced. A more reasonable scheme for separating user from source code of IED, which can define new computing rules according to user's special requirement and improve the adaptability of IED's function, is proposed. The factors that affect the stability of software in transformer substation automation systems (SAS) and the corresponding solutions are discussed.

**Key words:** adaptability; stability; general use; interface object; template file; parameter file