

## 0.4kV 供电网智能监控系统研究

杨红波,周春来,牟春明,李红梅

(中国传媒大学 信息工程学院,北京 100024)

**摘要:**过去,我国电网缺电严重,加之“重发、轻配、不管用”,致使配电网十分落后,尤其是农村地区,表现在网络混乱、装备陈旧、自动化水平低、维护工作量大、供电可靠性低等方面。为了改善这种状况,提高0.4kV配电网的供电质量,降低线路损耗,减少维护成本,在不改变原有设备的基础上,给出了一种基于PAC的智能远程监控系统,不但可以实时监测电网的运行参数,而且可以在必要时发出远程控制命令。实施结果表明,本系统完全可以满足电网监控的实时性、可靠性要求,达到了系统设计的目的。本系统具有Internet和GPRS两种通信模式,可以在各种地区实施,具有很大的推广价值。

**关键词:**0.4kV;电网监控;PAC

**中图分类号:**TM7;TP277

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2009)11-0218-04

### Research on Intelligent Monitoring System on 0.4kV Voltage Network

YANG Hong-bo, ZHOU Chun-lai, MU Chun-ming, LI Hong-mei

(Information Engineering School, Communication University of China, Beijing 100024, China)

**Abstract:** Previously, power shortage is very severe and power supply is very slow, especially in rural areas. For example, confusion in the network, equipment obsolescence, low level of automation, large maintenance workload and low side power supply reliability. In order to improve the situation, give a PAC-based intelligent remote monitoring system without changing the original equipment on the foundation. Not only can users observe the real-time data but can give remote control at proper time. The results show that this system fully equipped to meet the real-time network monitoring, reliability requirements. In addition, this system has two modes of communication: Internet and GPRS, has great promotion value.

**Key words:** 0.4kV; power grid monitoring; PAC

## 0 引言

0.4kV配网是电力系统最终面向用户的供电网络,它的运行情况直接决定了整个电网的性能。在一些发达国家,配电自动化系统受到了广泛的重视,已经形成了集变电所自动化、馈线分段开关测控、电容器组调节控制、用户负荷控制和远方抄表等系统于一体的配电网管理系统(DMS)<sup>[1]</sup>。而我国的配网自动化则刚刚起步,绝大部分地区配网监控基本处于空白。影响其普及的因素主要有以下几个<sup>[2]</sup>:

1)关键设备依赖国外品牌,造成整个系统的投资过大;

2)基层变电台区多样性,要求系统具有一定通用

性;

3)缺乏安全可靠的监控系统。

针对0.4kV配网的特点,设计了一种基于PAC的智能监控系统,它通过局域网络对电网参数进行实时监控,并能在出现异常时做出实时决策,如自动断路等<sup>[3]</sup>。由于PAC具有良好的交互性,所以可借助功能强大的上位机软件对电网运行参数进行远程调节,完全实现了“四遥”功能。本系统采用光纤通信,很好地解决了电网监控的实时性、可靠性这一基本要求。这一智能系统不仅使电网安全运行得到保障,而且能对电网运行状态调整起到积极的指导作用,从而大大推动配网自动化的发展。

## 1 监控系统总体设计

整个系统由前端监控器、传输网络和控制上位机三部分组成。

结构如图1所示。

收稿日期:2009-02-28;修回日期:2009-05-29

基金项目:国家“211”支持项目(21103050104)

作者简介:杨红波(1980-),男,河南人,硕士研究生,研究方向为广播电视系统监控;周春来,教授,硕士生导师,研究方向为广播电视系统监控。

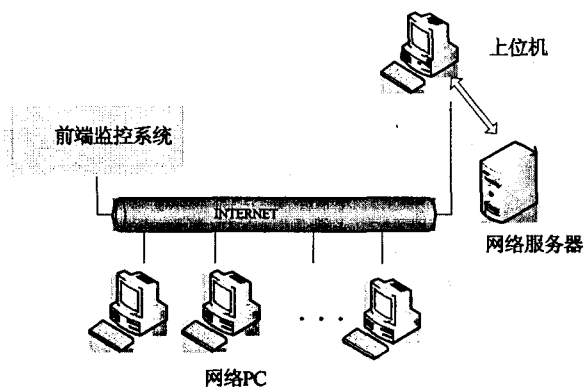


图 1 系统构成

### 1.1 远程电量监控终端

本系统的远程电量监控终端采用 PAC 设计,它兼具传统 PC 的灵活性和 PLC 的可靠性,能满足户外电网监控的各种工作条件。基于嵌入式技术的 PAC 控制器具有内置的实时操作系统(RTOS),它不但方便技术人员进行设计与调试,而且与监控上位机具有良好的交互性。

现场前端监控部分由 PAC 中心控制器、电量采集模块、断路保护模块和键盘及 LCD 模块组成,它们通过 485 总线挂接在中心控制器上,用 MODBUS-RTU 协议进行通讯。其连接方式如图 2 所示。

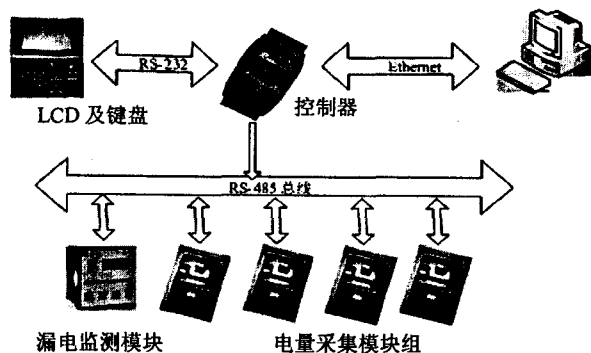


图 2 前端监控器构成

#### 1.1.1 中心控制器

在前端监控器中,PAC 控制器又是整个系统的核心,它既要从各电量采集模块和漏电监测模块中读取数据,又要将数据进行实时处理,然后送本地显示并通过网络传至上位机。本系统采用基于 X-86CPU 架构的以太网连接控制器,不仅支持以太网通讯,而且还具有丰富的软硬件资源。

##### ●硬件资源有:

- 1) 16 位 CPU,实时操作系统 ROM-DOS;
- 2) 256kB 系统盘(驱动器 C:只读),256kB 闪存(通过函数访问);
- 3) 实时时钟,看门狗定时器;
- 4) RS-232 接口:COM1;

5) RS-485 接口:COM2,COM3;

6) 网络接口:10/100Base-T。

##### ●软件资源有:

- 1) Modbus/RTU 控制功能,通过 RS-485 口远程控制 I/O 模块;
- 2) Modbus/RTU 从属功能,通过 RS-485 口连接 HMI/SCADA 软件;
- 3) Modbus/TCP 服务器功能,通过以太网口连接 HMI/SCADA 软件。

#### 1.1.2 电量采集模块

在配电网智能监控系统中,电量采集模块负责所有所需电量的采集,其性能与精度直接影响到了系统的性能与精度。本系统采用以 ARM 处理器为 CPU 的高性能模块,它具有以下特点:

**高精度:**32 位 ARM 处理器采用 6 通道 16 位 A/D 以 4k 的数据率同步交流采样、数字滤波与校准。

**高可靠:**通讯接口、供电电源、电压输入、电流输入、开关量输入、继电器输出、电能脉冲输出、模拟量输出等都相互隔离。

**多参量:**采集的电量参数可达上百种。

下面是模块的主要功能:

##### 1)采集参数。

- 三相相电压、线电压、电流及零序电流;
- 有功功率、无功功率、功率因数;
- AB、BC、CA 相电压相位角;
- A、B、C 三相电压电流相位角;
- 三相电压及电流的 0~31 次谐波及百分比。

##### 2)报警阈值设置。

- 电压电流报警上下限设置;
- 报警继电器动作设置。

##### 3)输入输出。

- 两路继电器输出;
- 两路 DI 输入。

另外,该模块还可以设置电流变比、通信速率、需量采样周期等,完全可以满足高性能监控系统的需要。

#### 1.1.3 漏电监测模块

用 485 总线与控制器连接,最多可以采集四路漏电电流,通过设置可以直接产生断路器脱扣信号。

#### 1.1.4 键盘及 LCD

通过 RS232 与控制器连接,LCD 可以在前端监控器上直接显示电压电流、漏电流、功率、电能等常需参量,通过键盘可以设置报警上下限、继电器动作等。这使前端监控系统能够脱离上位机独立运行。

### 1.2 监控中心计算机系统

监控中心计算机系统由监控上位机和网络服务器

两部分组成<sup>[4]</sup>。

### 1.2.1 监控上位机

主要负责电网运行的实时监控、监控数据的实时显示。前端监控系统通过网络将数据出给上位机,用户可以通过界面友好的上位机软件实时观察各台区的运行情况,并在出现异常时给出合适的控制指令。

### 1.2.2 网络服务器

网络服务器能够存储随着系统运行而产生的大量数据,并且能使合法的用户可以在因特网上通过动态网页搜寻实时数据,这样电网各单位可以及时了解电网运行状态。

虽然监控中心计算机系统主要通过光纤与远程监控终端相连,但在系统上留有 GPRS 接口<sup>[5]</sup>,这样在有线网络普及不到的地方仍可以使用本系统。

### 1.3 传输网络

配电自动化系统需要借助于有效的通信手段,将控制中心的控制命令准确地传送到为数众多的远程终端,并且将反映远程设备运行情况的数据信息收集到控制中心。它要满足以下两个基本要求:实时性、可靠性<sup>[6]</sup>。因此,本系统主要讨论以光纤为主的监控系统构成。另外,为了能使系统具有更广泛的适用性,在个别台区使用了 GPRS 通信模式<sup>[7]</sup>。

## 2 系统软件设计

### 2.1 远程监控中心软件设计

由于在中心控制器上已经加载了自带的 ROM-DOS 操作系统,所以系统软件设计可以不用关心中心控制器的底层软件设计,主要考虑数据的采集、处理以及与上位机的通信。

在前端监控软件中,电量的采集与传输是整个程序的核心。中心控制器遵从 MODBUS 协议,依次在总线上读取各个模块所采集到的电量,并通过网口发向服务器。如果有非法数据,如电压电流过大以及断路器的非正常动作等,还要本地存储,以备查询。中心程序如下:

```
while (1) //循环读电量
```

```
    ReadElec(L1); //读第 1 路电量
```

```
    ReadElec(L2); //读第 2 路电量
```

```
    //如果与服务器连接则发送,否则存储
```

```
    if(! ONLINE)
```

```
        connectservice(); //与服务器连接
```

```
    if(! ONLINE)
```

```
        StoreElec(ElecLine1, ElecLine2); //存储数据
```

```
    else
```

```
        sendpara(); //发送数据
```

```
//检测数据是否正常,否则存入掉电保护内存区
```

```
if(HaveFault()!=0)
```

```
{
```

```
    GetFault(); //调用非正常数据
```

```
    StoreFault(); //存储非正常数据
```

```
}
```

```
//端口监听,监听 232 口是否有键盘数据
```

```
if(ComMonit())
```

```
//处理键盘命令
```

```
DealKey(DataFromKey);
```

```
//显示
```

```
if(NOW_STATUS==0x00)
```

```
{
```

```
    Senddata(LCDclear); //清屏
```

```
    display1(DisplayLine1); //显示第 1 路
```

```
    Senddata(LCDclear); //清屏
```

```
    display1(DisplayLine2); //显示第 2 路
```

```
}
```

整个系统的运行速率很高,会产生大量的数据。以四路为例,完成一次采集只需要 5 秒,采集到的数据量为 0.54k,那么一天的数据量为 9315k。这么多的数据给存储和传输都带来很大压力。但电网正常运行时的大部分数据都是近似的,是在正常的范围内波动的。可以采用如下方法减少数据量:只传输每  $N$  (可以设置) 次数据的典型值(如最大值、最小值及平均值)。舍弃其他正常数据。

在与上位机通讯时,考虑到数据传输的可靠性,在此系统中采用 TCP/IP 协议。在远程监控端与监控上位机间采用 Server/Client 方式,通过 SOCKET 实现其间的通信,其中上位机为 Server。当前端监控系统每完成一次数据采集就主动与 Server 建立连接,如果成功则上传数据,否则暂时存储。SOCKET 建立过程如图 3 所示。

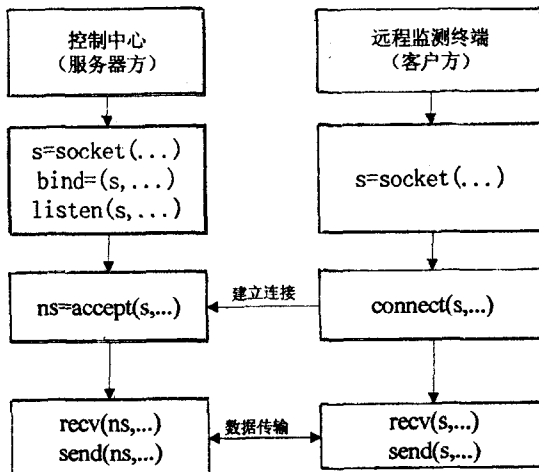


图 3 SOCKET 连接

在整个系统开始运行过程中有以下几点需要注意。

1) 某一电量采集模块不能正常工作,即控制器得到的模块个数与预设的不同,则应向上位机给出出错信息。

2) 如果上位机出现故障或因为别的原因不能与上位机连接,则应及时存储采集到的数据,并立刻从 connect() 函数返回,以免影响后续程序执行。解决办法是将 SOCKET 先置为非阻塞模式,然后设置超时时间,再调用 SELET 函数<sup>[8]</sup>。

## 2.2 监控中心软件设计

上位机软件包含两部分,即实时监控软件 and 数据库管理软件<sup>[9]</sup>。

实时监控软件主要通过从远程监控中心得到的数据来实时观测电网的运行情况。它具有以下功能:

1) 实时数据显示,除正常的文字显示外,用户也可以通过图表的形式显示,使电网的运行情况更生动、直观。

2) 前端控制器参数设置,可以设置电流变比、各电量报警阈值等。

3) 远程控制断路器的开与合。

4) 可以读取断路器的开关状态。

数据库管理软件负责定期存储整个电网运行所产生的数据,保存期限为五年。不但可以根据需要生成生产报表,也方便工作人员查询历史数据。

## 3 结束语

文中根据当前农村配电网的特点,结合陕西国电的“0.4kV 低压供电网监控系统软件”项目,详细地探讨了 0.4kV 配电网的智能化监控方法。根据该系统

在陕西省渭南市的实施情况来看,它完全实现了电网监控的“四遥”要求,减少了供电网的维护成本,提高了农网的供电质量<sup>[10]</sup>。但是,光纤通信大大地增加了系统的推广成本,GPRS 又不具备光纤的可靠性,所以在通信方式上需要进一步的研究。

## 参考文献:

- [1] Ha B N, Lee H H. Interface between distribution automation system and SCADA to minimize the feeder loss[C]//Transmission and Distribution Conference and Exhibition. Asia Pacific: IEEE/PES, 2002: 2096 - 2099.
- [2] 管爱东,郑建国. 低压配电网无线远程监控管理信息系统研究[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(11): 201 - 204.
- [3] 孙雅明,王俊丰. 基于分形理论的输电线路故障类型识别新方法[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(12): 23 - 28.
- [4] 李先彬. 电力系统自动化[M]. 北京: 水利水电出版社, 1992.
- [5] 李 炜, 卢 英, 张义超, 等. 基于 GPRS 无线通信的自动抄表系统[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(10): 173 - 176.
- [6] 刘 伟, 郭志忠. 配电网安全性指标的研究[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(8): 85 - 90.
- [7] 国 海. 基于 GPRS 的配电网自动化通信系统设计[J]. 电子技术, 2008(8): 50 - 52.
- [8] Jones A. Windows 网络编程技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [9] 黄永聪, 吴 琦, 徐玉峰, 等. 电网系统用电检查管理系统的设计与实现[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(11): 187 - 190.
- [10] Chen C S, Cho M Y. Determination of critical switches in distribution system[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 1992, 7(3): 1443 - 1449.

(上接第 217 页)

## 参考文献:

- [1] 代丽红,李世其,尹文生. 卫星在轨运行实时视景仿真系统研究与实现[J]. 计算机仿真, 2006, 23(1): 36 - 39.
- [2] 阎锋欣,侯增选,张定华,等. Open Inventor 程序设计从入门到精通[M]. 北京:清华大学出版社, 2007.
- [3] 杨平利,王建国,高有行,等. 卫星运行视景仿真中的姿态控制研究[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(1): 217 - 220.
- [4] 刘 通,谢剑斌,丁文霞,等. 飞行仿真实验中飞机飞行参数与坐标系变换[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(10): 191 - 193.
- [5] 刘 维,韩 潮. 基于 Open Inventor 的航天可视化系统[J]. 计算机仿真, 2006, 23(11): 23 - 26.

- [6] Wernecke J. The Inventor Mentor[M]. [s. l.]: Addison - Wesley Publishing Company, 1994.
- [7] 孟 鑫,张 桦. Open Inventor 开发的关键技术与应用[J]. 天津理工大学学报, 2005, 21(1): 69 - 72.
- [8] Wernecke J. The Inventor Toolmaker[M]. [s. l.]: Addison - Wesley Professional, 1994.
- [9] Open Inventor Architecture Group. Open Inventor (TM) C++ Reference Manual[M]. [s. l.]: Addison - Wesley Professional, 1999.
- [10] 黄 权,徐学军. 基于 OpenGL 的卫星跟踪仿真[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(2): 131 - 134.