

# 采用耦合电容器的配电线路远程数据采集器的设计

郝玉东<sup>1</sup>, 陈根永<sup>2</sup>, 杨建巷<sup>3</sup>, 杨淑霞<sup>3</sup>, 王志刚<sup>3</sup>, 孔宏楼<sup>3</sup>

(1. 郑州牧业工程高等专科学校, 河南 郑州 450011; 2. 郑州大学电气工程学院, 河南 郑州 450002;  
3. 三门峡供电公司, 河南 三门峡 472000)

**摘要:** 为了更好地解决中压电网的电压数据采集问题, 设计了一种基于高压电容器, 利用 GPRS 和 PIC 单片机实现的远程数据采集系统, 通过低成本的电容器采集节点电压, 包括相电压和零序电压。提出了中压电网电压信号的转换和滤波方案, 并设计了数据采集器的采集程序和系统实现的整体框图。设计方案已在电力设施的监控以及故障定位装置中得到应用, 降低了数据采集成本、加快了故障定位及检修速度。经过现场运行检验, 证明该系统的硬件和软件设计合理。

**关键词:** 数据采集; 10 kV 线路; GPRS; PIC 单片机; 高压电容

## Design of the remote data acquisition for distribution lines by coupling capacitance

HAO Yu-dong<sup>1</sup>, CHEN Gen-yong<sup>2</sup>, YANG Jian-xiang<sup>3</sup>, YANG Shu-xia<sup>3</sup>, WANG Zhi-gang<sup>3</sup>, KONG Hong-lou<sup>3</sup>

(1. Zhengzhou College of Animal Husbandry, Zhengzhou 450011, China;

2. College of Electric Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China;

3. Sanmenxia Electric Power Supply Company, Sanmenxia 472000, China)

**Abstract:** To solve the problem of voltage data acquisition in mid-voltage power grid, the remote data acquisition system based on coupling capacitance is designed for distribution lines by using GPRS wireless communication and PIC single chip. Using lower cost capacitance to collect nodal voltage, involving phase voltage and zero sequence voltage. Filtering ways and signal conversion for the voltage signal of mid-voltage power grid are presented, and the acquisition program for the collector and the whole system block chart of work are designed. Design scheme has been used in power equipment monitoring and control and fault location. Data acquisition cost is reduced. The system design of the hardware and software is proved reasonable by run test.

**Key words:** data acquisition; 10 kV line; GPRS; PIC single chip; high-voltage capacitance

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)14-0149-04

## 0 引言

近年来我国一些地区经常出现 10 kV 电力设备被损坏或被盗现象<sup>[1-3]</sup>, 给电力用户和电力企业造成严重损失。这里的损坏主要是指 10 kV 高压线单相或两相非金属或金属接地故障及线路断线故障。主要原因有: (a) 线路架设质量不合格。(b) 导线质量差、电瓷器材质量差。造成导线易断, 绝缘子、避雷器、跌落式熔断器等在潮湿环境中运行被击穿。(c) 运行管理不善。(d) 人为盗割和雷电导致的断线。

这些故障的危害主要有: (a) 对人、畜的危害。(b) 对电气设备的危害。(c) 对电网运行的危害。(d) 降低供电的可靠性。(e) 增加线损。因此及时检测并发出故障警报是很重要的, 采用智能化配电

网管理模式, 准确判断故障位置, 加快 10 kV 电网设施检修速度, 这对电网安全可靠运行具有重要意义。这些故障都可以通过 10 kV 线路的对地电压和零序电压的大小来判断<sup>[4-10]</sup>。

测量监控 10 kV 线路对地电压和零序电压一直是困扰农电部门的难题, 因为 10 kV 线路数量多, 地理位置分散, 若采用电压互感器对 10 kV 高压进行检测, 成本太高; 采用基于高压电容以及 GPRS 技术的配电网远程数据采集系统, 可以在线检测 10 kV 电力设备的运行状态, 实现配电网的智能化, 最大限度地避免对国民经济和人民生活造成的损失。而本文用高压耦合电容检测高压线上的电压, 成本相对较低。

降低采集系统成本是实现智能配电网的关键。因此, 作者通过采用低成本电容器设备采集系统

节点电压，包括对地电压及零序电压，电压采集后要送到监测中心，这里采用型号为 AYG-83C 的 GPRS 模块进行数据传输。整个系统的结构如图 1 所示。

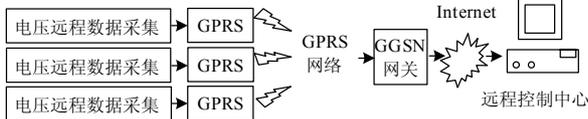


图1 基于GPRS的10 kV电压远程数据采集系统结构图

Fig.1 Structure chart of remote data acquisition system for 10 kV line voltage based on GPRS

系统主要由远程数据采集器、GPRS 模块和远程控制中心组成<sup>[11-12]</sup>，这里主要分析远程数据采集器的设计与实现。

### 1 10 kV 电压远程数据采集器的硬件设计

10 kV 电压远程数据采集器主要由高压电容、检测电路、PIC 单片机等组成。要使采集的 10 kV 电压数据准确无误，必须使用高精度的 10 kV 电压传感器。在这里采用了 100 pF 的高压耦合电容来检测 10 kV 线路上的电压大小。

#### 1.1 10 kV 电压信号处理电路

这一部分电路主要包含 100 pF 的高压耦合电容、保护电路、滤波放大电路、整流电路等。经过整流后的电压信号，再经过滤波送到 PIC 单片机的 A/D 转换器，这样就可以把模拟信号转换成数字信号。图 2 是 10 kV 信号处理框图。

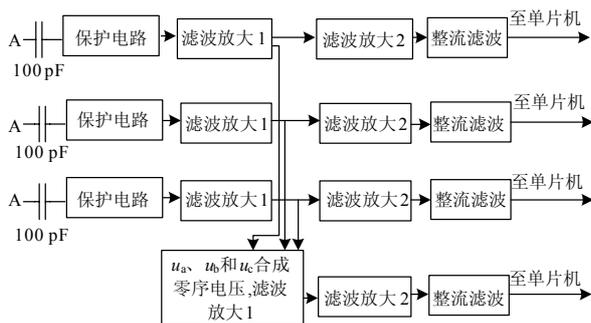


图2 10 kV 电压信号处理框图

Fig.2 A block chart of signal processing for 10 kV voltage

其中 10 kV 的 100 pF 高压耦合电容是本系统最重要的器件，三相用的 100 pF 高压耦合电容的电容应确保对称，以保证准确反应实际的一次电压，否则，测量出来的三相对地电压和零序电压误差较大，就难以准确判断线路的运行情况。

保护电路主要采用了瞬态抑制二极管 (Transient Voltage Suppressor, TVS)，是一种二极

管形式的高效能保护器件。当 TVS 二极管的两极受到反向瞬态高能量冲击时，它能以  $10^{-12}$  s 的速度，将其两极间的高阻抗变为低阻抗，吸收高达数千瓦的浪涌功率，使两极间的电压箝位于一个预定值，有效地保护电子线路中的精密元器件，免受各种浪涌脉冲的损坏。

放大电路采用 LM324 集成块，整流电路采用一般的二极管。把整流后的电压信号接到 PIC 单片机内的 A/D 转换器上，即 PIC16F73 单片机的 2、3、4、5 管脚上，其中 2、3、4、5 管脚分别对应 10 kV 线路上 A、B、C 三相对地电压及三相对地电压之和（即零序电压）。这样 PIC 单片机就可以采集电压数据，然后，把采集到的数据通过串行口送到 AYG-83C 的 GPRS 模块，最后，AYG-83C 的 GPRS 模块把数据送到远程监测中心主机。

#### 1.2 PIC 单片机与 AYG-83C 的 GPRS 模块的通信电路

PIC 单片机采集到的三相对地电压和零序电压要通过它的串口送给 AYG-83C 的 GPRS 模块。由于该模块的串口电平符合标准 RS-232 接口，而 PIC 单片机的串口电平是 TTL 的，这两种电平要进行转换方能通信。为此，采用了 MAX232 对 PIC 单片机串口电平进行转换。

另外，在 PIC 单片机与 AYG-83C 的 GPRS 模块进行通信时，要判断 AYG-83C 的 GPRS 模块是否允许数据传送，如果等一段时间不能进行数据通信，还要关闭 AYG-83C 的 GPRS 模块的电源重新启动该 GPRS 模块。因此，要有一个控制 AYG-83C 的 GPRS 模块电源的开关电路。图 3 是其原理框图。



图3 GPRS 模块与 PIC16F73 通信原理框图

Fig.3 Schematic diagram of communications for GPRS module and PIC16F73 single chip

其中，信号检测电路是用三极管 C1815 实现的，它产生 AYG-83C 的 GPRS 模块的应答信号 Asw，该信号接到 PIC 单片机的 RB2 管脚；控制 GPRS 电源电路是用继电器和用于大功率开关电路的 D1594 三极管等元器件实现的，由 PIC 单片机的 RB1 管脚控制。

## 2 10 kV 电压远程数据采集器的程序设计

本文 10 kV 电压远程数据采集器采用的微处理器是美国 Microchip 公司的 PIC16F73 单片机, 它是 28 引脚的 8 位微处理器, 功能强, 功耗低。芯片自带 5 路 8 位 A/D 转换, 3 个定时器等模块; 具有 4 kB 的 FLASH 程序存储器, 192 字节数据存储器, 另外, 芯片支持在线编程, 方便产品的批量生产<sup>[13-14]</sup>。10 kV 电压远程数据采集器的程序设计主要是指如何用 PIC 单片机采集电压数据。流程图见图 4。

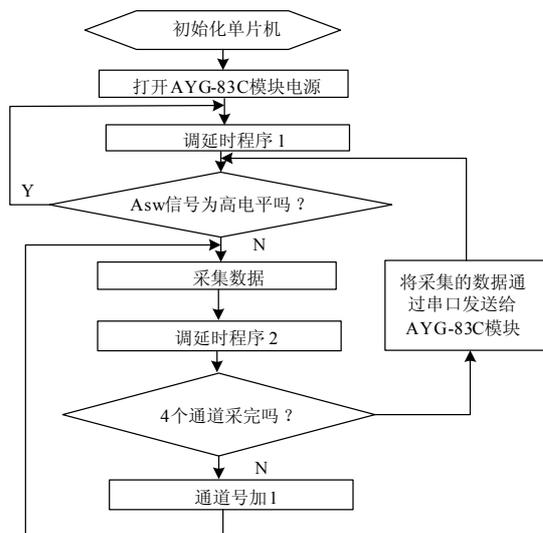


图 4 10 kV 电压远程数据采集程序流程图

Fig.4 Program flow chart of remote data acquisition for 10 kV voltage

其中, 初始化单片机程序包括以下几部分: (a) A、B、C 口的初始化; (b) 中断控制初始化; (c) 定时器的初始化。最重要的是 A 口的初始化, 其初始化程序如下:

BCF STATUS, RP0;

BCF STATUS, RP1; 选择 Bank 0

CLRF PORTA; 初始化 A 口

BSF STATUS, RP0; 选择 Bank 1

MOVLW 0x06; A 口所有的管脚作为数字 I/O

MOVWF ADCON1

MOVLW 0xCF

MOVWF TRISA; 设置 RA<3:0> as 模拟输入, RA<5:4>作为数字输出。

另外, 在写 A/D 转换程序时, 还要遵守以下的步骤, 否则, 可能转换的结果是错误的。

(a) 配置 A/D 模块, 包括模拟管脚、参考电压、数字 I/O 控制寄存器 (ADCON1)、选择 A/D 转换

时钟 (ADCON0) 和使能 A/D 模块 (ADCON0)。

(b) 如果需要中断, 配置 A/D 中断。

(c) 选择要转换的 A/D 输入通道 (ADCON0)。

(d) 至少要等待延时一个适当的采集周期。

(e) 设置 GO/DONE 位为 1 bit (ADCON0), 开始转换。

(f) 等待 A/D 转换结束, 通过判断 GO/DONE 位是否被清零 (中断不使能时) 或者等待 A/D 中断发生。

(g) 从寄存器 ADRES 读 A/D 转换结果, 如果需要的话清除 ADIF 标志。

(h) 如果需要进行下一次 A/D 转换, 转到 (c) 或 (d) 处。

## 3 结束语

要监控 10 kV 电力设备工作状态, 最重要的就是测量监控 10 kV 线路对地电压和零序电压, 只要知道 10 kV 线路对地电压和零序电压的大小, 就可以判断出 10 kV 线路是否有单相或两相接地故障及断线故障<sup>[15]</sup>。

本文通过 GPRS 将采集到的 10 kV 线路对地电压和零序电压数据向远程监控中心传送过去, 这样远程监控中心就可以知道每一条 10 kV 线路以及每一段线路的运行情况。准确判断故障位置, 减少故障排查时间, 加快故障检修速度, 提高供电可靠性。采用高压电容作为电压抽取装置, 成本较低。该系统已经投入运行, 实际运行验证了软硬件设计的合理性。

## 参考文献

- [1] 阳朔县公安局供稿. 严厉打击破坏电力设备犯罪保护春耕生产[J]. 广西电业, 2003(2): 33.  
Yangshuo County Public Security Bureau. Stern crackdown on criminal related to sabotage of electrical power equipment for protecting spring ploughing[J]. Guangxi Electric Power, 2003(2): 33.
- [2] 张建东, 向铁元, 李富鹏. GSM 短信技术在电力线防盗装置中的应用[J]. 中国农村水利水电, 2006(9): 128-131.  
ZHANG Jian-dong, XIANG Tie-yuan, LI Fu-peng. Application for GSM technology on equipment for guard against theft of power lines[J]. China Rural Water and Hydropower, 2006(9): 128-131.
- [3] 崔俭龙, 杨德军. 防盗螺栓在电力变压器上的使用[J]. 农业机械化与电气化, 2006(5): 50.  
CUI Jian-long, YANG De-jun. Use of bolts for guard against theft on electric power transformer[J]. Mechanization of Agriculture and Electrification,

2006(5): 50.

[4] 冯迎春, 谢翠菊. 农村配电设备防盗预警系统——中压载波技术在实时在线监测方面的新尝试[J]. 电力设备, 2003, 4 (6): 56-59.  
FENG Ying-chun, XIE Cui-ju. Early warning system for rural distribution equipments——new development of the MV carrier technology applied to real time online monitoring[J]. Electric Equipment, 2003, 4 (6): 56-59.

[5] 关永峰, 陆珉. 输电线路防窃报警系统[J]. 电子技术, 2006(9): 54-56.  
GUAN Yong-feng, LU Min. Guard against theft and alarm system for transmission line[J]. Electronic Technology, 2006(9): 54-56.

[6] 田轶华. 10 kV系统单相接地故障的判断与处理[J]. 内蒙古科技与经济, 2006(7): 133-134.  
TIAN Yi-hua. Judgment and disposal of single-phase grounding fault for 10 kV system[J]. Inner Mongolia Science Technology and Economy, 2006(7): 133-134.

[7] 黄芸. 10 kV系统单相接地故障分析及处理[J]. 中国科技信息, 2005, 2 (23): 122.  
HUANG Yun. Analysis and disposal of single-phase grounding fault for 10 kV system[J]. China Science and Technology Information, 2005, 2 (23): 122.

[8] 曾文慧. 10 kV中压电网中性点谐振接地方式[J]. 四川电力技术, 2002, 25 (5): 38-40.  
ZENG Wen-hui. Resonant neutral grounded mode of 10 kV medium-voltage network[J]. Sichuan Electric Power Technology, 2002, 25 (5): 38-40.

[9] 周原, 赵立进, 康鹏, 等. 贵州省10 kV城市配电网中性点接地方式[J]. 电网技术, 2006, 30 (20): 62-65.  
ZHOU Yuan, ZHAO Li-jin, KANG Peng, et al. Neutral grounding mode of urban distribution networks in Guizhou province[J]. Power System Technology, 2006, 30 (20): 62-65.

[10] 陈刚, 尹小飞. 防止10 kV中性点不接地系统中铁磁谐振和弧光接地时对电压互感器的影响[J]. 西北电力技  
术, 2006, 34 (1): 70-71.  
CHEN Gang, YIN Xiao-fei. Prevent the effect of ferro-resonance & arc light earthing upon potential transformer in 10 kV neutral point unearthed system[J]. Northwest China Electric Power, 2006, 34 (1): 70-71.

[11] 孙鸣, 吴珏. 基于TC45模块的GPRS无线抄表系统[J]. 自动化与仪器仪表, 2005(6): 44-45.  
SUN Ming, WU Jue. GPRS wireless meter reading system based on TC45[J]. Automation & Instrumentation, 2005(6): 44-45.

[12] 黄承安, 张跃, 云怀中. 基于GPRS 的远程仪表监控系统[J]. 电测与仪表, 2003, 40 (8): 42-45.  
HUANG Cheng-an, ZHANG Yue, YUN Huai-zhong. Monitor system of remote meter based on GPRS[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2003, 40(8): 42-45.

[13] 李学海. PIC单片机实用教程(提高篇)[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.

[14] 窦振中. PIC单片机原理和程序设计[M]. 北京: 北京航空航天大学出版, 1998.

[15] 郝玉东, 何保荣, 陈根永. 10 kV电网设备防盗、防损坏系统报警阈值的分析[J]. 电力自动化设备, 2008, 28 (1): 117-120.  
HAO Yu-dong, HE Bao-rong, CHEN Gen-yong. Analysis of the alert threshold for guard against theft and shatter system of 10 kV electric power equipment[J]. Electric Power Automation Equipment, 2008, 28 (1): 117-120.

收稿日期: 2009-11-02; 修回日期: 2010-02-03

作者简介:

郝玉东 (1962-), 男, 副教授, 主要从事电力系统载波、电力设备防盗以及计算机工业控制等方面的研究工作; E-mail: hyd\_5876@yahoo.com.cn

陈根永 (1964-), 男, 副教授, 主要从事电力系统分析与规划的研究。

(上接第 103 页 continued from page 103)

[16] 解蕾, 解大, 张延迟, 等. VSC\_HVDC 的虚拟磁链直接功率控制算法[J]. 电力科学与工程, 2009, 25 (1): 14-18.  
XIE Lei, XIE Da, ZHANG Yan-chi, et al. VSC-HVDC System based on VF-DPC[J]. Electric Power Science and Engineering, 2009, 25(1):14-18.

作者简介:

解大 (1969-), 男, 博士, 副教授, 从事电力系统 FACTS 研究和电力系统仿真; E-mail: xieda@sjtu.edu.cn

解蕾 (1983-), 女, 研究生, 从事电力系统 FACTS 研究和电力系统仿真;

张延迟 (1967-), 男, 硕士, 副教授, 在读博士, 从事并网型风力发电机和电力系统仿真。

收稿日期: 2009-08-20; 修回日期: 2009-10-13