

# 高压电缆金属护层接地电流在线监测系统<sup>①</sup>

曾懿辉, 刘 高, 罗向源, 王道龙

(广东电网公司佛山供电局, 佛山 528000)

**摘 要:** 本文从硬件结构和软件设计两方面介绍了高压电缆金属护层接地电流在线监测系统的组成及原理. 系统综合应用了多种技术, 实现了大电流及温度的采样、GPRS 数据传输、SQL server 数据存储、Web 数据展示及阈值报警等功能. 系统的成功研制为电力部门提供了全新的、高效的、稳定的、低成本的电缆金属护层接地电流监测方式, 在电力系统中具有良好的推广前景.

**关键词:** 电力电缆; 金属护层; 接地电流; 在线监测系统; 阈值报警

## Online Monitoring Research of Grounding Circulating Current of HV Power Cable of Metal Sheath

ZENG Yi-Hui, LIU Gao, LUO Xiang-Yuan, WANG Dao-Long

(Foshan Power Supply Bureau, Guangdong Power Grid Company, Foshan 528000, China)

**Abstract:** The paper introduces composition and principle of ground current online monitoring system of high voltage cable metal sheath from hardware structure and software design. The system integrated application of a variety of techniques to achieve Large current sampling and Temperature sampling, GPRS data transfer, SQL server data storage, Web data display and threshold alarm function. The system has been successfully developed, it provides a new, efficient, stable, low-cost method for cable metal sheath ground current monitoring, the system has good prospects of application.

**Key words:** power cable; metal sheath; ground current; online monitoring system; threshold alarm

### 1 引言

高压电缆金属护层接地电流是表征高压电缆外绝缘状况的重要参数之一. 现阶段引起电缆接地电流值异常的主要因素有: 外力破坏、交叉互联系统接错线、接地线被盗、白蚁咬蚀、化学物品侵蚀等. 接地电流值异常易造成电缆局部温度升高, 加速电缆绝缘的热老化, 影响电缆线路的载流量, 增加线路运行损耗, 严重的情况下可能导致高压电缆发生单相接地故障而停止供电<sup>[1]</sup>. 因此, 监测高压电缆金属护层接地电流有着十分重要的意义. 随着城市建设的不断推进, 高压电缆运行环境中不确定因素越来越多, 传统的人工监测手段逐渐无法满足电力电缆的运行需求, 亟待引入新的手段加强对电缆金属护层接地电流的监测. 本文设计一套高压电缆金属护层接地电流在线监测系统, 为供电部门提供了更加高效、可靠的接地电流监测方法.

### 2 系统总体结构

本系统主要由以下几个部分组成: 1) 在线监测终端, 由数据采集单元和 DTU(Data Transfer unit)数据传输单元组成. 数据采集单元主要功能是进行电缆线路负荷电流采样, 电缆线路金属护层接地电流采样, 电缆终端尾管处温度以及环境温湿度采样, 并将采样数据通过串口进行传输. DTU(Data Transfer unit)数据传输单元, 是专门用于将串口数据转换为 IP 数据或将 IP 数据转换为串口数据通过无线通信网络进行传送的无线终端设备<sup>[2]</sup>. 2) 数据监控服务器, 主要用于各在线监测终端的综合管理, 如轮询各在线监测终端的工作状态, 定时向在线监测终端发送采样指令, 接收并储存各监控点传回的采样数据. 3) 采用 B/S 架构为用户提供实时数据展示、历史数据查询、接地电流波动图绘制等功能. 系统总体结构图如图 1 所示.

<sup>①</sup> 收稿时间:2013-03-14;收到修改稿时间:2013-04-17

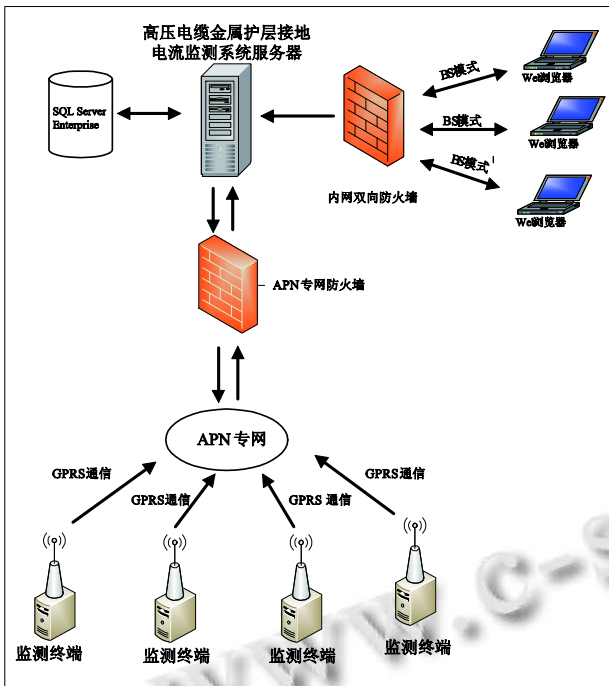


图 1 系统总体结构图

### 3 硬件设计

本次在线监测终端在线监测终端由悬浮式电磁感应取能装置、电缆终端尾管温度监测传感器、环境温度湿度传感器、负荷电流与电缆金属护层接地电流采样模块、DTU 数据传输单元以及 MCU 组成。硬件组成原理图如图 2 所示。

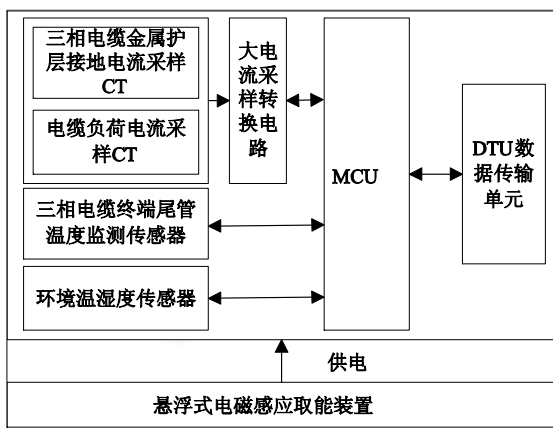


图 2 硬件组成原理图

#### 3.1 悬浮式电磁感应取能装置

悬浮式电磁感应取能装置工作原理如图 3 所示，装置通过取能线圈，利用电磁感应原理，由铁磁式互感器从高压电缆上感应得到交流电能，然后经过整

流、滤波、稳压后，输出稳定的 5V 直流电压，为在线终端提供工作用直流电源，功率 25W，取能装置启动所需的高压电缆最低负荷电流为 40A。

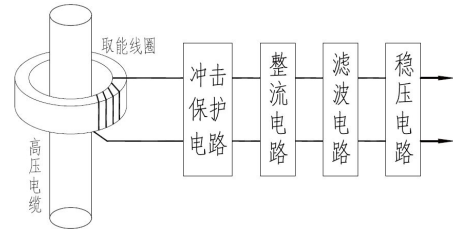


图 3 悬浮式电磁感应取能装置工作原理图

#### 3.2 大电流采样转换电路

负荷电流及电缆金属护层接地电流转换电路的工作原理如图 4 所示，负荷电流的采样 CT 变比为 1000A:5A，电缆金属护层接地电流的采样 CT 变比为 350A:5A。通过采样 CT 将实际电流转换成最大幅值不超过 5A 的标准信号，然后再利用采样电路中的 5A/2.5mA 的 CT，将最大幅值不超过 5A 的电流转变为 mA 级小电流，接着通过一个小阻值的采样电阻将其转换为与实际电流成正比的模拟交流电压信号，最后经整流滤波转换成与实际电流幅值成正比的直流电压信号送入单片机的 AD 转换模块。另外增加保护电路防止大电流的冲击。

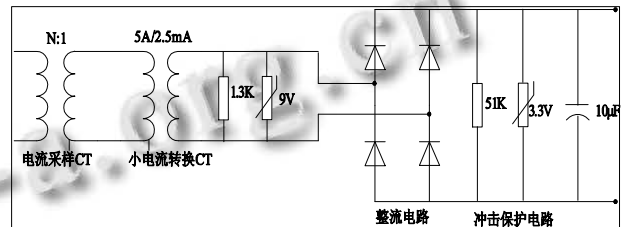


图 4 大电流采样转换电路工作原理图

#### 3.3 电缆终端尾管处温度及环境温湿度采样

当电缆终端铜制尾管处的封铅工艺未达标或接地线耳接触电阻过大时，即使电缆金属护层接地电流值处于正常范围内，也可引起电缆终端尾管处异常发热。因此，系统采用 DS18B20 温度传感器<sup>[3]</sup>监测电缆终端尾管处温度，采用 SHT11 监测环境温度<sup>[4]</sup>作为温度超限预警的参考值。DS18B20 的分辨率为 0.5℃且具有防水、防潮、耐高温、体积小等特点。DS18B20 与 MCU 的连接图如图 5 所示。SHT11 的分辨率为 0.1℃和 0.1%RH 且具有响应快、抗干扰能力强、可靠性高、

稳定性好等特点. SHT11 与 MCU 的连接图如图 6 所示.

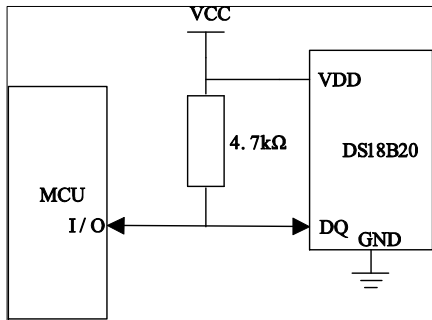


图 5 DS18B20 与 MCU 的连接图

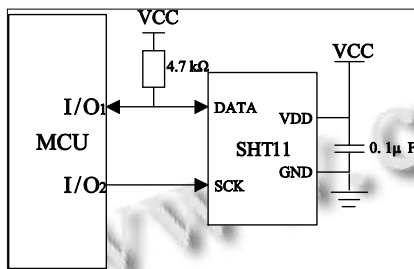


图 6 SHT11 与 MCU 的连接图

### 3.4 DTU 远程数据传输单元

DTU 是专门用于将串口数据转换为 IP 数据或将 IP 数据转换为串口数据通过无线通信网络进行传送的

无线终端设备. 设备采用低功耗高性能嵌入式处理器, 内嵌标准 TCP/IP 协议栈, 支持域名或 IP 地址访问中心, 采用 5V~35V 电压, 供电电源适应性更宽. MCU 与 DTU 串口连接图如图 7 所示.

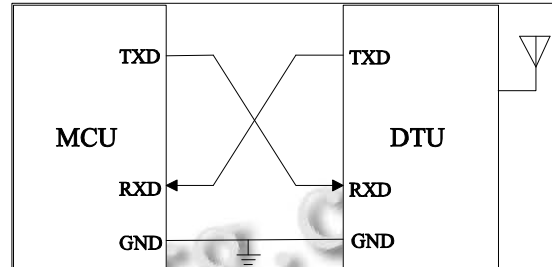


图 7 MCU 与 DTU 的串口连接图

### 3.5 MCU 微处理单元

MCU 选用 MSP430F147, MSP430 系列单片机具有如下特点:1)低电源电压范围, 1.8~3.6V. 2)超低功耗, 拥有 5 种低功耗模式. 3)处理能力强大, 具有 16 位 RISC 结构, 有七种寻址方式和 27 条内核指令以及非常多的模拟指令, 且自带硬件乘法器. 4)拥有丰富的片内外设资源, 能有效节约 PCB 空间, 同时也能降低设计的成本, 提高了硬件系统的可靠性<sup>[5]</sup>. MSP430F 147 的工作电路如图 8 所示.

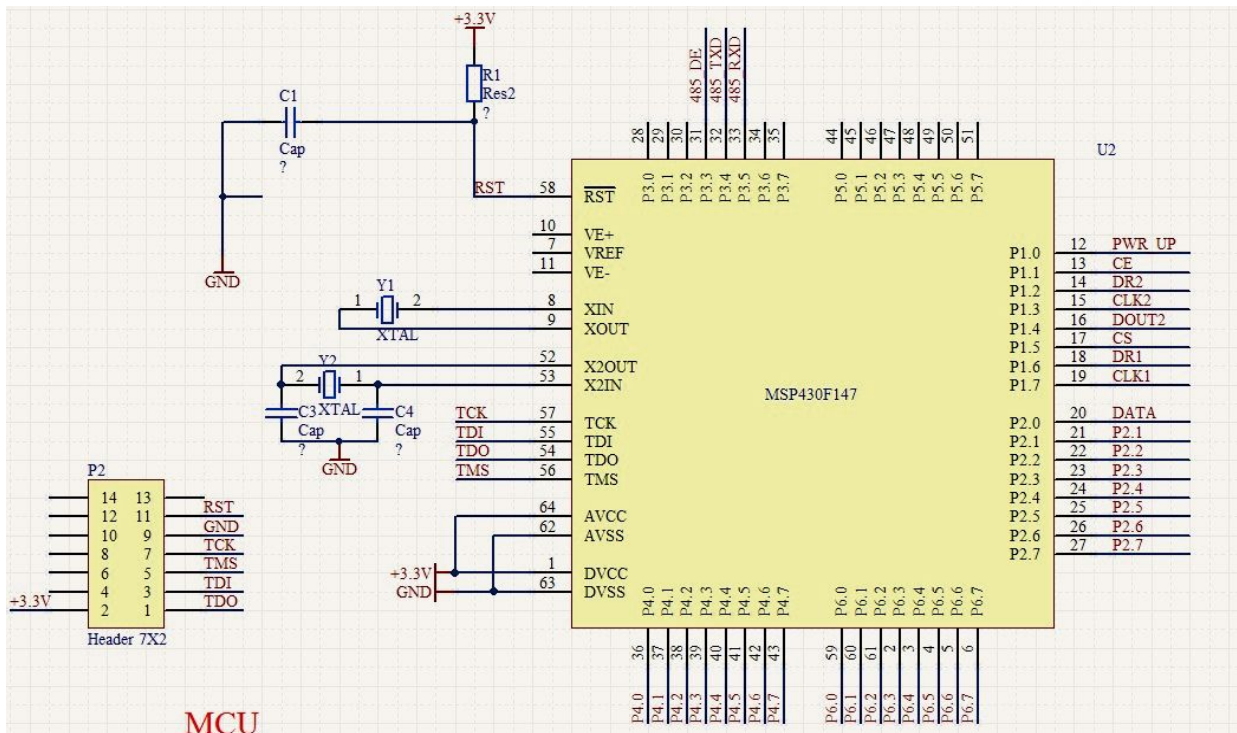


图 8 MSP430F147 的工作电路图

### 4 软件设计

#### 4.1 监测终端的下位机程序设计

本文采用 IAR 公司的集成开发环境 IAR Embedded Workbench 嵌入式工作平台及调试器 C-SPY 进行下位机程序开发. 监测终端的主要功能对电缆负荷电流及金属护层接地电流进行数据采样和数据发送. 监测终端上电开始工作, 首先进行系统初始化, 初始化串口通信、ADC、定时器、中断使能等. 然后进行系统自检并通过 DTU 向上位机发送检测结果及终端上线信息. 接着监测终端进入“待命状态”, 等待来自上位机的“工作指令”, 当终端接收到“工作指令”之后依次采样电缆负荷电流以及三金属护层接地电流、三相电缆终端尾管处温度、环境温度湿度. 最后通过串口将采样数据发送至 DTU, DTU 接收到串口数据之后立即将其封装在 TCP 包里通过 APN 网络发送至上位机. 监测终端下位机工作流程图如图 9 所示.

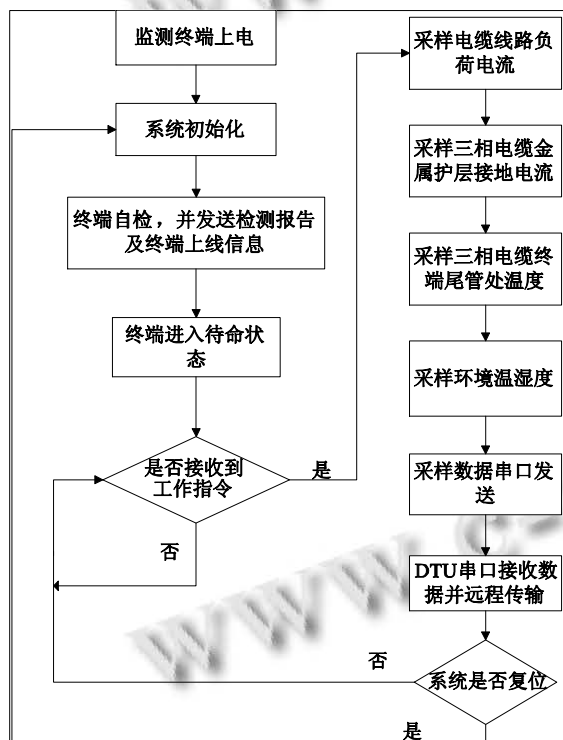


图 9 下位机工作流程图

#### 4.2 上位机在线监测终端管理程序的设计

本文采用 VB6.0 开发上位机程序, 程序通过引用了 DTU 厂家提供的通讯驱动链接库来实现同下位机的通讯功能. 通讯驱动链接库包含了与 DTU 通讯所需的全部 API 函数, 如服务的启动与停止、数据的发送与接

收等. 上位机程序的主要功能有: 1)刷新下位机的工作状态, 以接收下位机检测报告和 DTU 心跳包的方式更新终端列表中的下位机工作状态. 2)接收、储存下位机采样数据, 首先由上位机向在线下位机发送“工作指令”, 然后等待接收下位机的返回的采样数据, 最后将采样数据存入 SQL Server Enterprise 中. 3)超阈值报警, 接地电流是跟据电力运行规程以负荷电流值的 10%为报警阈值, 电缆终端尾管处温度是在环境温度的基础上增加 10℃设为报警阈值. 当报警触发后, 上位机程序调用供电部门内部的短信接口, 向指定线路负责人发送包含详细信息的报警短信, 并更新数据库中相关的报警记录. 上位机程序的工作界面如图 10 所示.

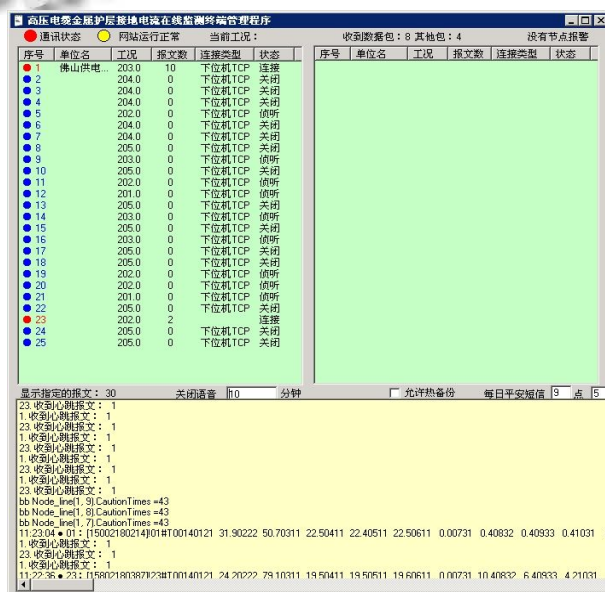


图 10 上位机程序工作界面

#### 4.3 应用 B/S 架构提供数据服务

本文应用 B/S 应用程序构架向用户提供监测数据实时展示、历史数据查询、监测电流值变化率统计以及接地电流值对负荷电流值的比例计算等功能. B/S 架构具有开发简单、维护成本低、功能易于扩展等特点<sup>[6]</sup>. Web 服务端应用程序通过 ASPX 网页内嵌 VB.net 代码的形式进行开发. 内嵌 VB.NET 代码可实现 SQL Server Enterprise 数据库服务器的远程访问、数据统计、数值计算、图形绘制等功能. 在完成服务端应用程序开发之后, 通过微软的 IIS(Internet Information Services)进行 ASPX 的部署和发布. 用户查看数据 Web 页面如图 11

(下转第 83 页)

## 参考文献

- 1 田启川,张润生.生物特征识别技术综述.计算机应用研究, 2009,26(12):4401-4410.
- 2 Flom L, Safir A. Iris Recognition System,U.S,Patent No.4641 349,1987.2.3.
- 3 Johnson RG. Can Iris Patterns be used to Identify People? Chemical and Laser Sciences Division LA-12331-PR,Los Alamos National Laboratory,1991:8-12.
- 4 Daugman J. High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence. IEEE Trans. on Pattern Analysis Machine Intelligence, 1993, 15(11): 1148-1161.
- 5 Wildes R, Asmuth JC. A system for automated iris recognition. Proc. of the 2nd IEEE Workshop on Applicant Computer Vision, Sarasota, FL, USA, 1994: 121-128.
- 6 Boles WW, Boashash B. A human identification technique using images of the iris and wavelet transform. IEEE Trans. on Signal Processing, 1998, 46(4): 1185-1188.
- 7 Lims S, Lee K, Byeon O. Efficient iris recognition through improvement of feature vector and classifier. ETRI Journal, 2001, 23(2): 61-70.
- 8 王介生.虹膜识别装置.中国,ZL2300955.1998.12.16.
- 9 田启川.不完美虹膜的定位、分割、特征提取与分类识别[博士学位论文].西安:西北工业大学,2005.
- 10 田捷,杨鑫.生物特征识别技术与应用.北京:电子工业出版社,2005:10-18.
- 11 赵彩云.中国虹膜识别技术现状浅析.中国安防,2010,8: 51-52.
- 12 田启川.基于稳定特征的虹膜分类算法.电子学报,2008,36 (4):760-764.
- 13 Kieffer J, Kevin T. DoD Biometrics-Lifting the Veil of Insurgent Identity. ArmyAL&T. 2010.3.
- 14 谭铁牛,王蕴红,马力.活体虹膜图像采集装置.中国, ZL2508306.2001.10.6.
- 15 袁晓燕.虹膜定位、形变及特征提取研究[博士学位论文].上海:上海交通大学,2008.
- 16 陈英.用于个人身份鉴别的虹膜生物特征识别[博士学位论文].西安:西安电子科技大学,2007:20-22.

(上接第 54 页)  
所示.

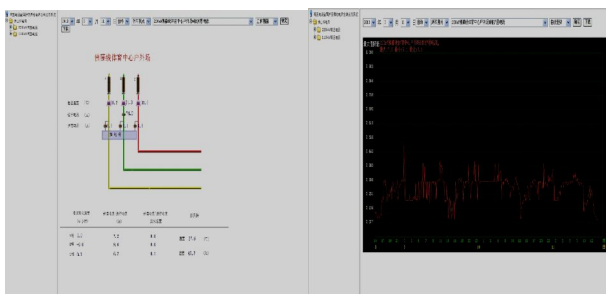


图 11 数据查看的 Web 页面

## 5 结束语

本文综合运用多种技术研发了一套高压电缆金属护层接地电流在线监测系统,系统现已正式投入使用,目前应用状况良好.系统的数据采样精度和频度完全满足电力部门的日常运行需求.超阈值报警、实时数据直观展示、历史数据查询及数据日曲线图绘制等简单实用的功能受到了电力运行人员的好评.本系统的

应用有效的节约了人力成本,提高了工作效率,提高电缆线路运行的可靠性,同时监测终端采用的低成本、低功耗、高可靠性的芯片解决方案降低了设备的部署与维护成本,有利于系统的推广与应用.

## 参考文献

- 1 徐绍军,黄鹤鸣,陈平.单芯高压电缆金属护套环流异常分析及对策.供用电,2007,24(5):50-51.
- 2 刘教瑜,吴美玲,谭杰.GPRS DTU 的设计及研究.电力自动化设备,2006,26(3):89-91.
- 3 朱丽娟,王康元,张洁.用 DS18B20 进行温度检测的方法和技巧.仪器仪表学报,2003,24(z2):235-236.
- 4 马显英,葛荣雨.基于数字温湿度传感器 SHT11 的温湿度监控系统.自动化仪表,2006,27(1):59-61.
- 5 李昕曲,梦可荣,誉尹,雪莉.基于 MSP430 的单片机低功耗温湿度计的设计.仪器仪表学报,2006,27(z2):1437-1438.
- 6 马霞歌.基于 BS 结构的网上办公系统的设计与实现.煤炭技术.2011,30(2):243-245.