

分布式火灾监测站太阳能电源监测管理系统

郝静静

(开封大学 信息工程学院, 河南 开封 475004)

摘要: 为了提高森林火灾监测站的太阳能电源的监测管理水平, 采用 GPRS 无线通信技术设计了分布式火灾监测站的太阳能电源监测管理系统, 系统由数据中心管理服务器、监测站、太阳能电池板电源监测单元和传输网络组成; 通过精密电阻分压的方法, 利用单片机 MSP430F149 的 ADC 口测量太阳能电池板的输出和蓄电池的电压, 并记录和运算蓄电池的放电电流和内阻, 通过 GPRS 无线模块建立与数据中心服务器的 TCP/IP 网络连接, 将采集到的火情和电源工作状态上传; 数据中心服务器主要负责接收、处理、分析统计和显示来自各监测站的数据, 并存入数据库 ACCESS2003 中; 经过实验表明, 该系统工作稳定可靠, 实现了对森林火灾监测站点电源供电状态的集中管理, 避免了由于电力故障造成火灾监测盲点的出现。

关键词: 太阳能发电; 火灾监测; 蓄电池内阻; 电源管理

Solar Power Monitoring and Management System of Distributed Fire Monitoring Stations

Hao Jingjing

(College of Information Engineering, Kaifeng University, Kaifeng 475004, China)

Abstract: In order to improve the solar power management of fire monitoring stations in forest, the solar power monitoring and management system of distributed fire stations were designed using the GPRS wireless communication technology, the system was composed of data center management server, monitoring stations, solar panel power monitoring unit and the networks. Through a precision resistor divider method, the MSP430F149 microcontroller ADC port was used to measure the voltage of solar panel and battery, and the battery discharging current and the internal resistance of the battery were record and calculated, which were sent to the data centre server with the fire and power status through the TCP/IP network connection using GPRS wireless module. The data center server is mainly responsible for receiving, processing, analysis and display of data from various stations, and stores them in the database ACCESS2003. Experimental results show that the system is stable and reliable, achieving the power supply state centralized management for forest fire monitoring stations to avoid the fire monitoring blind spots due to power failure.

Key words: solar power; fire monitoring; battery internal resistance; power management

0 引言

森林作为我国宝贵的生态资源, 其重要性越来越受到关注。由于森林面积广阔, 受人类活动和自然天气的影响, 经常会发生大面积火灾, 故森林火灾监管越发显得重要^[1-3]。传统的方法是通过建立瞭望塔, 由工作人员定期观望是否发生火情, 但存在工作效率低、实时性差、监测面积小和成本高的问题^[4-6]。提出了分布式多点森林火灾远程监测系统, 但由于森林火灾监测站的数量比较大, 位置分散, 且都处在森林的深处没有电力, 为了解决监测站的供电问题, 利用太阳能发电是即有效又环保的办法。故采用 GPRS 无线通信技术设计了分布式太阳能电池板电源监测管理系统, 实现了对多个监测站点的火灾火情和电力的集中监测, 一旦发现设备故障系统会自动报警, 并安排工程师到指定站点维修, 有效避免了由于电力故障引起的监测盲点问题。

1 系统设计

1.1 太阳能电源及管理系统

太阳能电池板电源供电系统实质上是一个小型独立直流光

伏系统, 主要由太阳能电池板、稳压电路、充放电控制器、铅蓄电池、电源采集监测模块、无线通信单元和负载组成。太阳能供电及检测系统组成结构如图 1 所示。

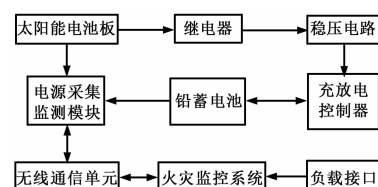


图 1 太阳能供电及检测系统组成结构

白天太阳能电池板接收太阳辐射并转化为电能输出, 由于输出的电压具有波动性, 需要稳压电路进行处理, 经过充放电控制器后, 将电压转化为 12 V 的稳压对负载进行供电, 并将剩余的电能转变为化学能储存在蓄电池组中; 晚间或者阴雨天气当光线照度低于太阳能光伏发电的最低阈值时, 蓄电池通过放电控制器再将化学能转化为电能继续驱动负载工作^[7-8]。电源采集监测模块主要监测太阳能电池板的输出电压、蓄电池的浮充和放电电压以及蓄电池的内阻的状态等。当太阳能电池板出现故障或者蓄电池内阻超出预设的安全值时, 还可以通过无线通信单元向预先设置的工程师手机号码发送报警通知短信, 便于工程师及时了解供电系统的故障, 在电池耗尽之前赶到现场进行处理, 有效避免中断事故的发生。

收稿日期: 2013-11-29; 修回日期: 2014-01-25。

基金项目: 河南省档案局科学技术研究项目(2012-X-52)。

作者简介: 郝静静(1981-), 女, 河南开封人, 讲师, 硕士, 主要从事数据采集与智能控制方向的研究。

1.2 监测系统总体设计

太阳能电池板电源监测管理系统主要由监控中心管理服务器、数据库、监测站、显示器屏幕、防火墙和传输网络组成。系统总体结构如图 2 所示。监测站与远端管理服务器采用 C/S 架构设计，传输网络采用 GPRS-VPN 专网通信方式，移动公司提供了一个 VPN 虚拟专网，并为使用的每一张数据卡绑定一个移动公司内部的 IP 地址，由于数据在专网上传输，不进入 Internet 公共网络，保障了数据安全性。

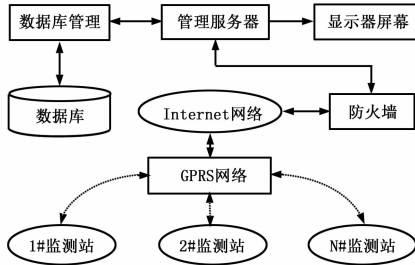


图 2 系统总体结构图

系统中每个监测站都有独立的地址编码 ID，事先按照一定的规则部署在森林内不同的位置，通过 GPRS 无线模块接入专属 VPN 网络，建立与监控中心服务器的 TCP/IP 网络连接，每隔固定的时间将监测站 ID、采集时间、太阳能电池板输出电压、蓄电池浮充或者放电电压及火灾等信息打包并上传至服务器；监控中心服务器上运行着专业设计的管理软件，负责接收、处理、分析统计、显示和存储来自各监测站的数据信息，并实时直观集中地显示在监视器上，一旦发现太阳能设备工作不正常，会自动发出报警提醒工程师到现场进行处理，避免设备停运事故的发生，实现了对多个监测站供电系统的集中管理。同时将数据存入数据库 ACCESS2003 中以便进行历史查询使用，也能完成历史曲线分析、历史报表统计、自动报警和电池健康档案建立等。

2 监测站硬件和软件设计

2.1 监测站硬件结构

监测站主要由控制器 MSP430F149、GPRS 无线通信模块 SIM300C、火灾烟雾传感器、固态 Flash 和电源监测管理单元组成，监测站硬件结构如图 3 所示。

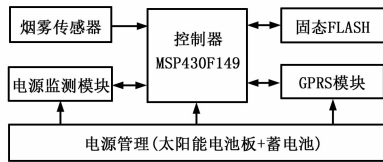


图 3 监测站硬件结构

监测站的功能比较简单，只是实现将编号 ID、火情和电源状态等信息发送到数据中心。控制器 MSP430F149 作为监测站的控制核心，其串行接口与 GPRS 模块 SIM300C 的串口相连，预先在 GPRS 无线模块内放置一张有余额的 SIM 卡（开通数据业务），通过烟雾传感器采集环境状态，并利用电源监测模块获取电源供电的状态，经过数据处理后，将自身 ID、采集时间、电源和火情等信息存入本地的 FLASH 中，并按照一定的协议进行封包，通过向 GPRS 无线模块发送 AT 指令上传至数据中心。

2.1.1 电源电压和电流测量

直流电压采用大阻值精密电阻 R_1 和 R_2 ($3R_1 = R_2$) 串联后再与电池并联，通过分压的方法将输出电压调整到 $0\sim 5\text{ V}$ ，利用单片机 MSP430F149 的 ADC 接口直接相连测量 R_1 的电压，就可以得到太阳能电池板的输出电压。由于系统负载比较小，采用小阻值精密电阻 R_0 串联到电路中，通过单片机的 ADC 口采集电阻两端的电压 V_0 ，就可以得到蓄电池的放电电流 $I_0 = \frac{V_0}{R_0}$ 。

2.1.2 内阻检测

劣化的蓄电池通常表现为内阻偏高，使电池的容量降低。根据 IEEE 标准，如果蓄电池内部电阻比标称值高 20%，应考虑对电池维护或更换^[9]。由于蓄电池对负载放电瞬间会产生电压降，如果能测出单节蓄电池上电压瞬间变化量 ΔV 和电池总的放电电流变化 ΔI ，便可计算出单节蓄电池内部真实的等效内阻 R ，在浮充状态时理想认为电流近似为零，蓄电池内阻计算公式如下：

$$R = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{(V_2 - V_1)}{I_0} \tag{1}$$

式中， V_2 和 V_1 分别为蓄电池在浮充和放电状态蓄电池两端的电压值； I_0 为对负载放电时蓄电池组内部产生的总电流。

白天蓄电池工作在浮充状态时，采集蓄电池的端电压，然后控制继电器断开太阳能电池板的输出，使蓄电池工作在放电状态，再采集蓄电池的放电电压和总的放电电流，利用公式 (1) 计算得到电池的内阻，再将测量到的蓄电池内阻与厂家给出的标称内阻值进行优劣评测。当测得的内阻值高于标称值的 20% 时，需要对电池进行保养或者更换^[10]。

2.2 监测站软件设计

监测站软件工作流程如图 4 所示。

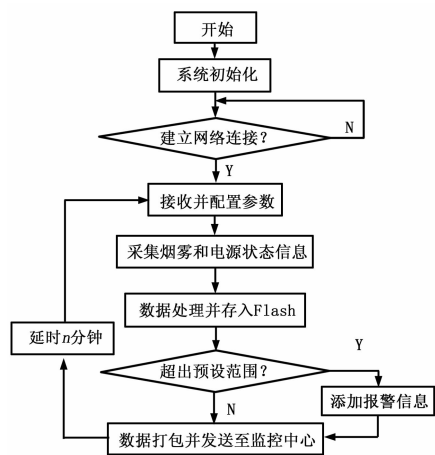


图 4 数据汇聚基站软件工作流程

监测站上电后首先进行初始化，包括单片机 MSP430F149 的寄存器、GPRS 模块 SIM300C 的工作方式和传输速率的配置、固态 FLASH 以及各接口等；然后通过向无线模块 SIM300C 发送 AT 指令配置拨号上网，获取自身的 IP 地址后，再主动连接数据中心服务器的 IP 地址和相应的服务端口号，建立 TCP/IP 网络连接。监测接收从数据监控中心发送来的配置参数指令，包括采集周期、太阳能和蓄电池的安全阈值电压、烟雾传感器的输出阈值和紧急联系人工程师电话等，如果

没有收到指令则按照系统默认的设置进行工作。读取火灾烟雾传感器的输出电压、太阳能电池板和蓄电池电压以及蓄电池内阻，经数据处理后存入固态 FLASH 里，并根据预设值判断是否超出了安全范围，如超出了则需要添加报警信息，并将所有数据按照定义的协议格式打包，通过建立的 TCP/IP 连接发送至数据中心服务器上，最后再根据系统的配置，延时 n 分钟后再次进入循环。

2.3 数据误差处理

由于日照和负载情况比较复杂，太阳能电池板和蓄电池端电压具有波动性，而测量的又是某一时刻的瞬时值，使测得的数据具有不确定性和随机性。为了降低测量误差，采用连续 5 次测量取平均值的算法减小误差，5 次的采样间隔为 200 ms，若某次的湿度和温度传感器输出值偏离 5 次平均值的 5.0%，就认为这次采集到的数据误差过大，剔除后求剩余 4 次的平均值，以此类推^[1]。

3 监控中心管理软件设计

森林火灾监控中心服务器具有固定的 IP，采用专用光纤接入 Internet 网络，通过硬件防火墙进行物理隔离，所有来自监测站的数据包经过网络首先进入硬件防火墙，硬件防火墙通过端口映射功能将数据包转发到服务器上，保证数据的通信安全。

3.1 监控中心管理软件

管理软件采用 C++ Builder 设计，通过调用 TCP Server 控件建立与各监测站的 TCP/IP 网络连接进行数据交互，利用 ACCESS2003 作为数据库进行数据存储，存储每个监测站的历史信息和日志。管理软件具有数据接收、预处理、数据库管理、实时显示、统计分析、报表打印、报警与应急和电源状态诊断等模块单元。数据中心服务器功能结构如图 5 所示。

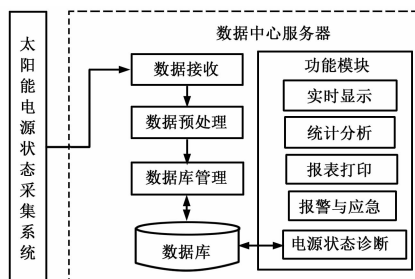


图 5 数据中心服务器功能结构

数据中心服务器一直保持与各监测站的网络连接和数据交互，将太阳能发电系统和火灾监测的各项数据直观显示在监视器上，一旦接收到从某个分站发来报警信息，包括太阳能停止发电、蓄电池电压过低或者过高、内阻增大和火灾报警等，系统会自动通知对应的管理人员及时尽快到现场处理，避免供电中断事故的发生。数据库管理通过对大量历史资料数据进行查询、处理和分析，可以为每个监测站点的供电系统建立健康档案，便于系统的维护。

4 试验结果与分析

采用一片规格为 100 W/18 V 太阳能电池板发电，铅蓄电池为松下 LC-X12100，电压 12 V，容量为 100 AH，单节蓄电池的标称内阻为 4.5 mΩ。对系统中 8 个监测站进行功能验证实验，测得太阳能电池板的输出电压为 V_s ，蓄电池组的放

电总电流为 $I_0 = 2.72$ A，蓄电池的浮充电压为 V_2 ，放电电压为 V_1 ，测得的内阻为 R ，内阻偏离标称值的误差为 E ，实验结果如表 1 所示。

表 1 实验结果

序号	V_s (V)	V_2 (V)	V_1 (V)	R (mΩ)	E (%)
1	17.43	12.792	12.762	4.60	2.22
2	17.85	12.865	12.851	4.98	10.67
3	17.29	12.656	12.644	4.57	1.56
4	17.24	12.681	12.668	4.62	2.67
5	17.50	12.724	12.711	4.75	5.56
6	17.73	12.58	12.568	4.51	0.22
7	17.92	12.907	12.892	5.56	23.56
8	17.55	12.751	12.738	4.79	6.44

从表 1 可以看出，8 个监测站点的太阳能电池板的输出电压 V_s 在 18 V 左右，表明工作正常；蓄电池的内阻在监测点 7 的内阻值为 5.56 mΩ，表现异常，已经大于标称内阻值的 20%，需要关注，必要时进行维护保养或者更换。

5 结论

利用覆盖广泛的 GPRS 网络作为通信方式，采用 C/S 架构设计了分布式火灾监测站的太阳能电源监测管理系统，使整个系统几乎不受区域限制，不需要布线，避免了大规模线路硬件投入，而且扩展性好，能够对实时监测森林火情、太阳能电池板电压、铅酸蓄电池的电压和内阻，使站点电源的维护方式由传统的人工定期巡检转变为实时在线监测，便于尽早发现电源故障和劣化电池，避免监测盲点的出现，实现了分布式监测站点的集中管理。经试验表明，该系统能准确采集林区火情和供电电源系统的工作状态信息，并进行有效分析，与人工监测相比，具有监测范围广泛和响应速度快等优势，对实现森林防火工作的规范化、科学化和信息化管理具有重要意义。

参考文献：

- [1] 李祥林, 包理群, 李颖. 森林火灾远程监测及移动预警系统 [J]. 计算机应用与软件, 2012, 29 (4): 159-162.
- [2] 朴昌浩, 刘其峰, 黄智宇, 等. 基于 LIN 总线的阀控式铅酸蓄电池管理系统设计 [J]. 电源技术, 2011, (12): 1562-1565.
- [3] 彭琦, 刘晓龙, 周璐. 航天相机地检设备电源管理系统设计 [J]. 东北师大学报 (自然科学版), 2011, (4): 59-64.
- [4] 吴建华, 付仲良, 王力, 等. 基于 C/S 与 B/S 混合架构的排水地理信息系统 [J]. 计算机工程与应用, 2007, 43 (7): 230-232.
- [5] 周静, 何为, 龙兴明. 蓄电池储能的独立光伏系统充电控制器研制 [J]. 电力自动化设备, 2011, 31 (11): 13-17.
- [6] 崔静雅, 吕惠民, 程赛. 基于 BP 网络的智能压力传感器系统研究与设计 [J]. 传感器技术学报, 2011, (10): 1426-1430.
- [7] 张雨楠, 张森, 盛明娅, 等. 基于单片机的四通道数据采集器设计 [J]. 计算机测量与控制, 2011, 19 (12): 3172-3174.
- [8] 李正民, 刘伟伟, 王建辉. 基于 ARM 和 GPRS 技术的无线自动抄表系统的设计 [J]. 测控技术, 2012, 31 (6): 50-52.
- [9] 谢小芳, 黄俊, 谭成宇. 基于 RFID 的电力温度监控系统的软件分析与设计 [J]. 电子技术应用, 2013, 39 (1): 23-26.
- [10] 张星, 王向军, 文鹏程. 基于 TCP/IP 协议的无线远程温湿度监控系统 [J]. 仪表技术与传感器, 2008, (6): 44-46.
- [11] 李硕, 张小件. 基于 PXA322 嵌入式 GPRS 数据采集与传输系统的设计 [J]. 仪表技术与传感器, 2013, (3): 69-71.