

移动变电站温湿度远程监测装置的设计

移动变电站的开关保护室是面积只有 15 mm^2 左右的封闭式集装箱，且箱体为铁板，属于高导温材料，因此箱体内的环境温度极易受外界环境影响。由于没有相应的温湿度监测装置，工作人员不能及时掌握箱体内的温湿度，当外界环境恶劣时，可能导致保护装置的误动作或拒动作，将造成不可估量的经济损失，甚至会危及人身安全。针对上述情况设计了一种移动变电站温湿度远程监测装置，该装置采用GSM通信技术，将温湿度传感器采集的异常信息送到指定用户手机，实现远程实时监测功能，保证设备的正常运行。

周 刚 徐 伟 车江嵘 冯耀轩 肖 波/国网浙江省电力公司嘉兴供电公司

0 引言

随着社会的不断发展，用户对供电质量的要求越来越高。当系统改造过程中，存在用户供电无法转供而导致用户停电；在供电半径边缘，电能质量不理想；或在事故突发情况下，不得不导致重要用户停电等情况^[1]。而移动变电站可以圆满地解决上述问题，它具有很强的机动性，可根据需要开赴现场，保证用户的正常用电和电能质量。

正是由于移动变电站的可运输性，导致其结构紧凑，它安装在半挂式平板车上，面积大概只有 40 mm^2 ，低压开关保护室更是只占到 15 mm^2 左右的封闭式集装箱，且箱体为铁板，属于高导温材料，因此箱体内的环境温度极易受外界环境影响。为了节省空间，移动变电站的低压出线保护一般都安装在低压开关柜上，而二次保护测控装置及监控装置对运行环境的要求极高，为保证其稳定

运行，一般需要维持环境温度在 $5\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间，最大相对湿度不应超过75%^[2]。

目前，虽然在移动变电站的低压开关柜箱体内安装了空调机，但是受站用电容量影响，空调机功率小，同时受空间影响，安装的空调机数量有限。一旦空调机故障，箱体内的环境温度将迅速改变。由于没有相应的温湿度监测装置，运维人员不能及时掌握箱体内的温湿度，尤其当外界环境恶劣时，低压出线的保护测控装置的运行环境温湿度将超出其允许范围，长时间运行，严重时可能导致保护装置的误动作或拒动作，将造成不可估量的经济损失，甚至会危及人身安全。

本文结合移动变电站现场实际情况，研制了一种移动变电站温湿度远程监测装置，采用GSM通信方式，将温湿度传感器采集的异常数据发送到指定用户手机，便于用户及时掌握移动变电站低压开关保护室的温湿度，保证设备正常运行。

1 移动变电站温湿度远程监测装置原理

移动变电站温湿度监测装置是在以控制器为核心的一系列外设组合，如图1所示，包括电池、电源管理系统、EEPROM外部掉电存储器、实时时钟、按键、彩色液晶显示器、温湿度传感器、GSM通信模块以及声光报警。

图中，EEPROM存储器用于保存参数及历史记录；实时时钟提供系统时间；按键和液晶屏实现人机交互；温湿



周 刚/高级技师

关键词/Keywords

移动变电站 ·
温湿度 ·
GSM ·
监测装置 ·

一种车载移动变电站温湿度远程监测装置（专利号：2016211193271）。

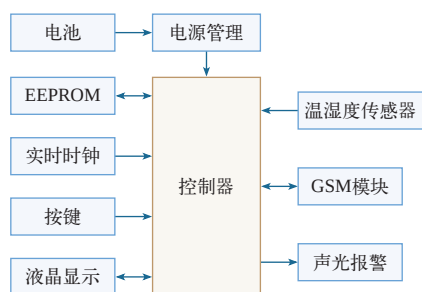


图1 移动变电站温湿度远程监测装置原理框图

度传感器检测环境温湿度并将其转换为电信号；GSM模块通过移动通信网络实现短信报警和查询功能；声光报警为现场提供安全警示。

2 硬件设计

2.1 温湿度传感器

根据移动变电站温湿度规定，要求温湿度传感器能在温度为 $-10\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、湿度小于80%的环境下正常工作。同时，要求该温湿度传感器能够与单片机直接相连，且具有体积微小、响应迅速、低能耗、可浸没、抗干扰能力强及温湿一体等特点。据此，本设计选用瑞士Sensirion公司生产的SHT21数字温湿度传感器，该传感器的工作条件如图2所示。由图2可以看出，该传感器在温度为 $-20\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、湿度小于80%的环境下具有良好的工作特性。完全满足移动变电站温湿度要求，具有极高的可靠性和卓越的长期稳定性。

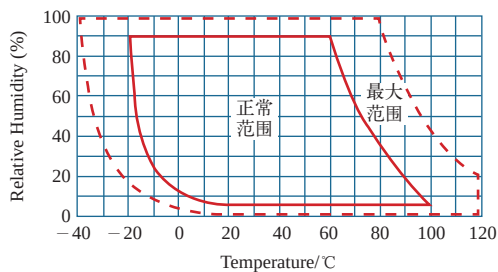


图2 SHT21传感器的工作条件

对该温湿度传感器做试验，改变工作温度，得到温湿度值对应的最大误差，如图3所示。由图3可得，在 $10\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内，湿度的最大误差为 $\pm 3\%$ ，完全满足移动变电站温湿度要求。

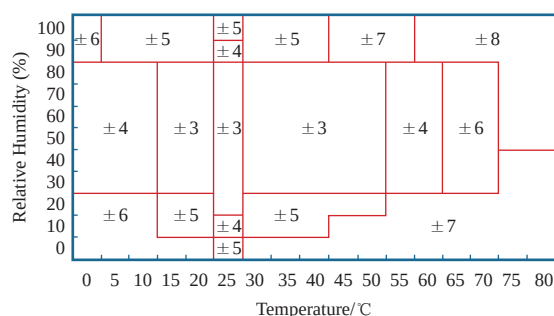


图3 不同温度范围内对应的湿度最大误差

2.2 GSM模块

为了实现现场装置与指定用户手机之间的通信，本文选用全球鹰生产的UNV-SIM800 V4.72模块。该模块是一款高性能工业GSM/GPRS模块。可以低功耗实现语音、SMS（短信）、彩信和数据传输等。

当温度或湿度超过设定的阈值时，装置启动声光报警，同时通过GSM模块向指定手机发送报警短信，报告当前的工作状态。当电池电量不足（小于10%）或电量极低自动断电（小于5%）时，会主动通过短信向指定手机报警。另外，用户也可以通过短信查询当前的工作状态、电池电量以及数据信息，随时掌控装置的运行情况。

2.3 实时时钟

为了用户方便查询历史曲线和数据，本设计采用每10 min保存一组实时数据，并打上当前时间标签的方法。这就需要有一个标准的时钟源，即使在关机的情况下仍能准确计时。据此，本文采用PCD8563实时时钟芯片作为时钟源，设计了装置的实时时钟系统，其原理如图4所示。

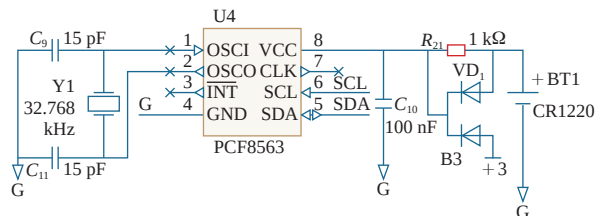


图4 实时时钟电路原理图

PCF8563内置的振荡器需要在1、2脚连接一个稳定的晶振Y1，电容 C_9 和 C_{11} 用来微调时钟源。为了保证装置在电源开闭时内部时钟仍能正常计

时,给时钟芯片单独配置了一块小型钮扣电池,由于PCF8563的运行功耗非常低(典型值为250 nA),即使只有这一块钮扣电池供电,仍能正常工作达1年以上。电路中的电池BT1、电阻 R_{21} 和二二极管 VD_1 组成了实时时钟电路的供电电路,当装置电源开启时,PCF8563由+3 V经二极管 VD_1 供电,同时+3 V电压通过 R_{21} 给电池BT1充电;当装置电源关闭时,由电池BT1通过二极管 VD_1 供电,+3 V电源端因为二极管反向,电池电压才不会输出到其他电路中去。

2.4 电源系统

移动变电站远程监测装置的开关机、充电和节电等操作均与电源有关。为了进一步节省电能,延长电池寿命,本文对常规电源系统进行了优化,其控制电路如图5所示。接口J2包括了电池输入、充电和电源开关,而电源的软开关由 Q_1 、 R_2 、 E_3 、 Q_2 、 R_6 、 R_7 和 R_8 组成。电源开关开启时,由于MOS管 Q_1 的G端与电容 E_3 相连,电容两端电压通过 R_2 充电上升,这时 Q_1 的GS电压为负, Q_1 导通,装置通电工作。当电容 E_3 充电至输入电压时, Q_1 的GS电压为零, Q_1 截止,装置断电。而实际中,当装置通电时,内部控制器开始工作,同时输出PWON为高电平,使 Q_2 导通,电容 E_3 直接两端接地, Q_1 的GS电压始终为负,装置保持通电状态。电路巧妙地实现了开机通电,但又能通过软

件输出PWON信号主动开关机的功能,为电池使用优化和保护提供了硬件基础。电阻 R_9 、 R_{14} 和 C_7 构成分压电路,将电池电压降压后输入控制器的AD输入端,实时监测电池电量,当电池电量不足10%时发出警告,小于5%自动断电。

根据设计要求,移动变电站远程监测装置内部元件和模块需要+5 V和+3.3 V两组电源,为了提高电池的续航时间,设计选用了高转换效率的开关稳压器件MP1482DS,如图6所示。该器件是一款内置两颗MOS管的同步整流降压DC-DC,属于电流型的控制方式,最大2 A的输出电流,340 kHz的开关频率,有上电软起动功能,有过电流、短路和过热等保护功能,转换的最高效率可达93%。非常适合装置中的无线模块和GSM模块这种有瞬时大电流输出要求的应用。另外设计选用了78L3.3的常规三端稳压器,输出+3.3 V电压供给控制器工作电压。

2.5 控制器

根据移动变电站温湿度远程监测装置的功能,本设计的控制器应有卓越的计算性能和快速的中断系统响应,同时应还应有足够多的高速I/O口及先进的通信接口,以便实现控制器与外部电路及GSM的通信需求。因此,本设计选用STM32F103RBT6作为控制器,该芯片是ST意法半导体公司生产的32位单片机,使用高性能的

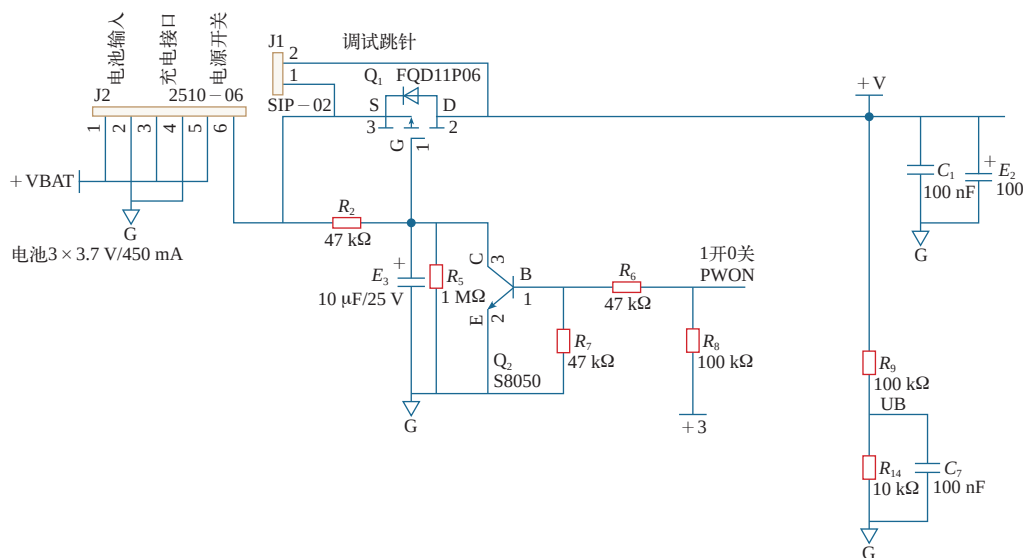


图5 电源控制电路

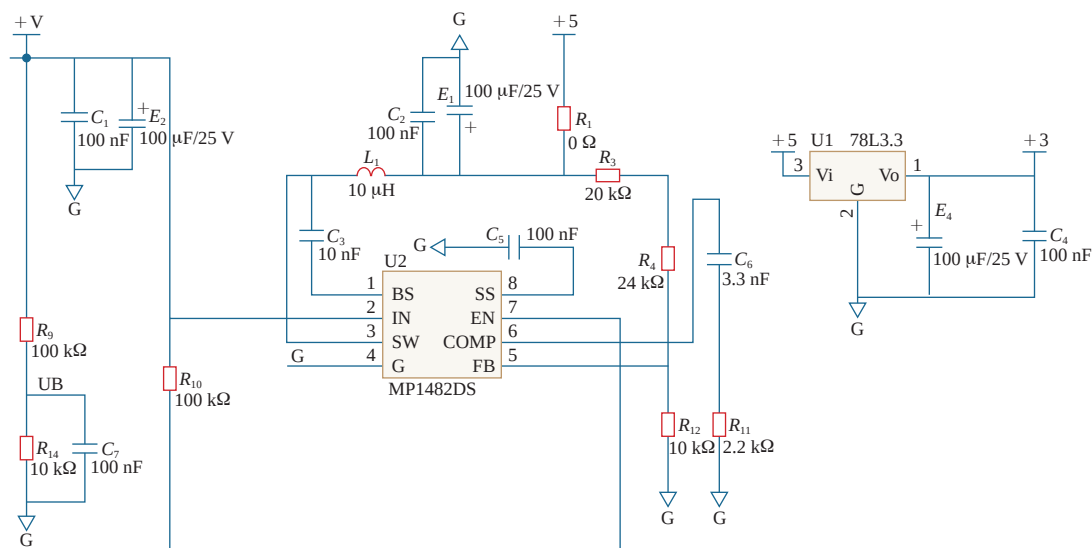


图6 辅助电源电路

ARMCortex-M332位的RISC内核，完全可以满足各种输入、输出控制的需要。

2.6 液晶显示

为了使本装置有更好的人机交互界面，本文通过设计液晶显示电路实现此功能。选用的液晶屏是深圳晶联讯电子生产的JLX177-00608彩色液晶屏，该显示屏小巧轻薄，线路板安装使用方便，内置ST7735S液晶驱动器，采用并行接口，数据传输速度快，抗干扰能力强。如图7所示，控制器与液晶屏的接口共18芯，包括电源、控制和数据总线，三极管Q5和电阻 R_{22} 、 R_{24} 组成背光控制电路，可以在不操作的情况下关闭液晶屏的背光，节约电池电量。

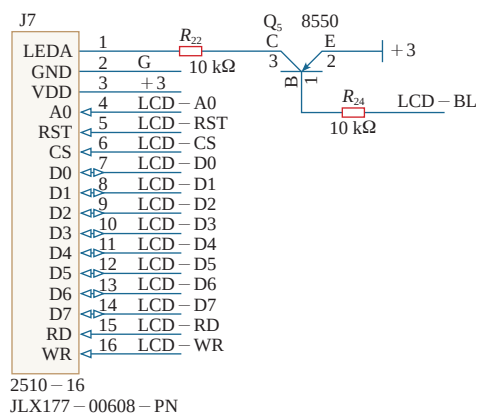


图7 液晶屏电路

2.7 按键

为了方便用户查询历史数据、设置相关参数，给移动变电站温湿度远程监测装置设计了3个按键，分别是左、中和右。如图8所示，当某一按键按下时，对应的信号线KEY由高电平变为低电平，控制器采样到这一变化，就知道是哪个键被按下，电容 C_{17} 、 C_{18} 和 C_{19} 用来去除键抖动和干扰信号。按键的操作分为两种：一种是短暂按下并释放；另一种是长时间按住长达1 s以上再释放。两种操作分别对应不同的键值，以满足对界面的操作需要。

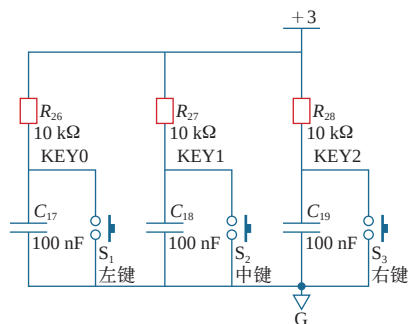


图8 按键电路

3 软件设计

软件流程如图9所示，程序开始后，首先初始化控制器I/O口、液晶显示器和GSM模块，再进入

电源管理程序, 检查电池电量和电源工作状态; 再进入按键扫描, 发现有按键按下时, 调用按键处理程序, 切换界面菜单、设置参数等操作; 再由控制器通过I²C总线读取温湿度传感器的测试数据, 并显示在显示屏的数据页; 将当前测得的数据与设定的阈值进行比较, 如果超出阈值范围, 对应的数据显示为红色, 同时起动声光报警和短信报警, 并记录发生报警时的时间和数据, 再次回到主循环中。

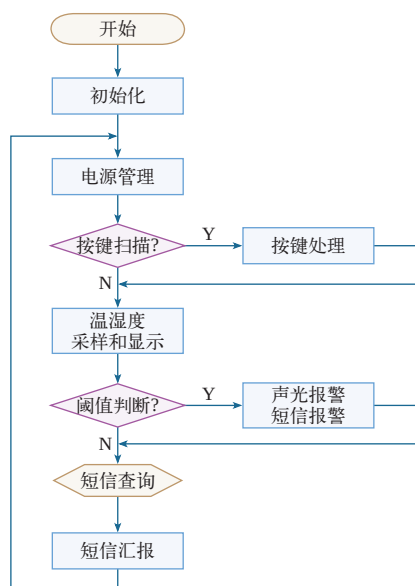


图9 软件流程图

4 装置面板效果

本设计的面板如图10所示, 包括温湿度传感器探测口、声音警报器、指示灯、GSM天线、编

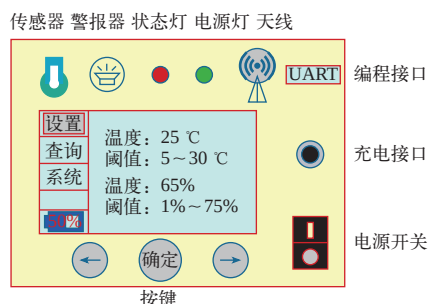


图10 装置面板

程接口、电源开关、充电接口、按键和彩色液晶屏等。开启装置电源, 电源指示灯亮, 液晶显示屏亮, 显示菜单、电池电量、温湿度和当前的设置阈值。当温度或湿度超过设置阈值时, 显示值变为红色, 状态灯亮并通过GSM模块发出报警短信。

本装置内置大容量锂电池, 可以使用专用的充电器进行充电。为了延长电池的使用寿命, 开机后30 s内无按键操作, 自动关闭显示屏; 当电池电压低于一定大小时, 装置会自动切断电源开关。电源被切断后, 如需再次开启, 要先关闭电源开关, 等待约10 s后再次打开。电池电量可以通过GSM模块短信查询。

5 结束语

为解决移动变电站低压开关保护室的温湿度无法远程监控的问题, 本文设计了一种移动变电站温湿度远程监测装置。该装置可通过GSM通信技术, 将温湿度传感器采集到的数据传送到指定用户的手机上, 以使用户及时掌握移动变电站低压开关室的温湿度, 保障设备正常运行。

本设计优化了电源控制电路, 能够实时监测电池电量, 当电池电量不足10%时发出警告, 小于5%自动断电。同时, 采用液晶显示和按键组成良好的人机交互界面, 方便用户查询历史数据和设置相关参数。

参考文献

- [1] 程玉平. 110 (60) kV智能化移动变电站的设计及应用研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2013.
- [2] 徐通. 变电站温湿度实时测控系统的研究和开发 [D]. 北京: 华北电力大学, 2012.
- [3] 杨帆, 王成刚, 柴勇, 等. 一种远程无线环境监测模拟装置设计 [J]. 电子测量技术, 2010, 33(3): 133-136.
- [4] 贺桂芳, 王晓红. 全数字化温湿度无线测控系统 [J]. 仪表技术, 2009 (7): 1-2.

(收稿日期: 2016-11-01) EA