

接地电阻阻值远程测量系统

郭耀泉

(闽西职业技术学院 电气工程系, 福建 龙岩 364021)

摘要: 针对接地电阻测量仪无法实现接地电阻的远程测量及阻值的实时监控,设计了一种运用钳表法进行远程测量的系统。该系统以单片机 MSP430F149 为核心,利用 SIM900A 模块进行数据传输,使用 VS2015 编写上位机管理软件,从而实现了多节点接地电阻的远程实时接入测量、监控及数据的管理。与已有的测量系统相比,该测量系统消除了外部因素的影响,提高了测量精度,使用更加便捷。

关键词: 接地电阻;MSP430F149;SIM900A;远程测量

中图分类号: TP273.5;TM152

文献标志码: A

文章编号: 1671-8798(2017)03-0201-05

A remote measurement system of grounding resistance value

GUO Yaoquan

(Department of Electrical Engineering, Minxi Vocational and Technical College, Longyan 364021, Fujian, China)

Abstract: As the grounding resistance measurement instrument fails to measure the grounding resistance remotely and monitor the resistance value in real time, a remote measurement system has been designed by adopting the clamp meter measurement method. With the core of the SCM MSP430F149, the system applied the module SIM900A to transmit data and used VS2015 to write the management software running on host computer, which has made remote real-time measurement, monitoring and data management of the multi-node grounding resistance come true. Compared with the existing measurement systems, the new alternative has eliminated external effects and improved measuring accuracy, with easier access to use.

Keywords: grounding resistance; MSP430F149; SIM900A; remote measurement

接地电阻是用来衡量接地状态的一个重要参数,直接反映了接地状态的好坏,它的大小是接地系统品质优劣的重要评判依据。精确、快速、简捷、可靠的接地电阻测量方法,已成为防雷接地领域内的迫切需要^[1]。目前,对接地电阻的测量大部分都是依靠人工方式来进行测量的,常用的测量接地电阻的方法有三极法和钳表法^[2-6]。三极法的基本原理是采用三点式电压落差法,测量过程中须断开接地引下线,安

收稿日期: 2016-12-31

通信作者: 郭耀泉(1974—),男,福建省龙岩人,副教授,硕士,主要从事电子控制研究。E-mail:gyq918@163.com。

装两根辅助测试极。用钳表法测量时,不需断开接地引下线,不需两根辅助电极,用钳表夹住接地引下线即可测量接地电阻,故广泛应用于三极法测量受阻的场合。但这两种方法的自动化程度均低,工作强度大。此外,已有的接地电阻阻值远程检测系统的功能不完善,没有考虑检测节点受剧烈天气变化(温度、湿度及土壤电阻率等)的影响,测量值随外部因素的变化而变化,且测量精度较低;检测节点组网不便捷,不能随时增、删检测节点^[7-13]。本研究根据实际测量需要,设计了一个基于钳表法的接地电阻阻值远程测量系统,即应用异频法减少工作现场的干扰,采用线性差值法,增加温湿度检测模块与检测节点的位置、时间信息,用以调整季节系数,消除外部因素的影响,提高测量精度;并且通过上位机软件实现接地电阻检测节点的实时增加、删除和季节系数的智能调整,实现检测节点的智能化管理;而且还实时掌握接地电阻的阻值变化,当其超过阈值时会自动报警,以确保电气运行装置的安全,从而提高了测量的自动化程度。

1 接地电阻阻值远程测量系统总体设计

接地电阻阻值测量系统主要由检测节点和数据处理上位机 2 部分组成,其系统如图 1 所示。检测节点作为一个独立单元,可以实时通过网络与上位机连接,实现节点的单独控制;检测节点接收上位机的命令后可进行网络设置与接地电阻(包括温度、湿度)的测量工作,命令完成后通过通信模块将执行结果传送给上位机进行处理、存储。同时,上位机接收数据后根据季节系数对数据进行处理,从而实现检测节点数据的智能管理、状态监视,完成数据的收集、存储。上位机还可以对检测节点实时进行增删等操作。

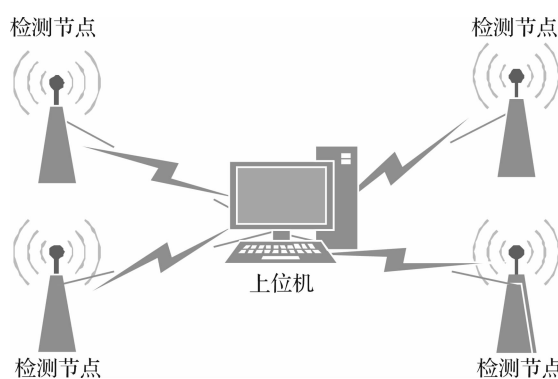


图 1 接地电阻阻值远程测量系统示意图

Fig. 1 Schematic diagram of remote measurement system of grounding resistance value

2 检测节点硬件设计

检测节点主要由 GPRS 通信模块、单片机 MSP430F149、AD 转换模块、信号激励模块、滤波模块、温湿度检测电路及外围电路构成,具体如图 2 所示。



图 2 检测节点硬件框图

Fig. 2 Hardware block diagram of detection node

检测节点以单片机 MSP430F149 为核心对各模块进行控制,并对检测的数据进行处理;GPRS 通信模块由 SIM900A 及外围电路构成,用于与上位机的通信,完成数据与命令的无线传输;信号激励模块由 AD9850 及外围电路构成,采用异频法产生 1.687 kHz 的正弦电压测量信号;AD 转换模块(ADS8345)完成数据采集任务,采集电流互感器的感应电流和温度、湿度参数。

2.1 信号激励模块

信号激励模块采用 AD9850 作为正弦电压信号发生器,加上电压幅值调整电路和功率放大电路组成频率为 1.687 kHz 的正弦电压激励模块。采用异频法与系统的工作频率完全区别开来,以减少测量中的频率干扰,提高测量数据的准确性。

AD9850 是 Analog 公司生产的最高时钟信号为 125 MHz 的直接频率合成器,主要由可编程 DDS 系统、高性能模数变换器(DAC)和高速比较器 3 部分构成,能实现全数字编程控制的频率合成,并具有时钟产生功能^[14]。AD9850 产生的正弦信号可通过编程进行频率和相位的设置。AD9850 包含 40 位的可编

程控制字,其中 32 位用来控制频率,5 位用来控制相位。40 位控制字通过并行或串行连接方式送入 AD9850 的数据输入寄存器内保存。

如图 3 所示,AD9850 的时钟信号通过 CLKIN 引脚与 125 MHz 的晶体振荡器连接;D0~D7 与单片机 MSP430F149 的 P2 端口通过并行方式相连接,用来传递 40 位的控制字。AD9850 在工作之前首先进行初始化工作,将 P3.0(WLCK)与 P3.1(FQ_UD)引脚设置为低电平,P3.2(RST)引脚设置为高电平,将 AD9850 复位;然后将 P3.0(WLCK)引脚置高电平,形成上升沿信号,将控制字通过 P2 并行端口送入输入寄存器,P3.0 连续输出 5 次上升沿,分 5 次将 40 位控制字依次装入输入寄存器内。控制字输入完毕之后再设置 P3.1(FQ_UD)为高电平(形成上升沿信号),将控制字装入频率/相位寄存器,AD9850 根据频率/相位寄存器的内容更新输出的相位与频率,也将地址指针指向第一个输入寄存器,等待下一次控制字的装入。正弦信号通过 AD9850 的 IOU_T 端输出,再经过电压幅值调整与去除直流偏置电路,得到完整的正弦输出信号。

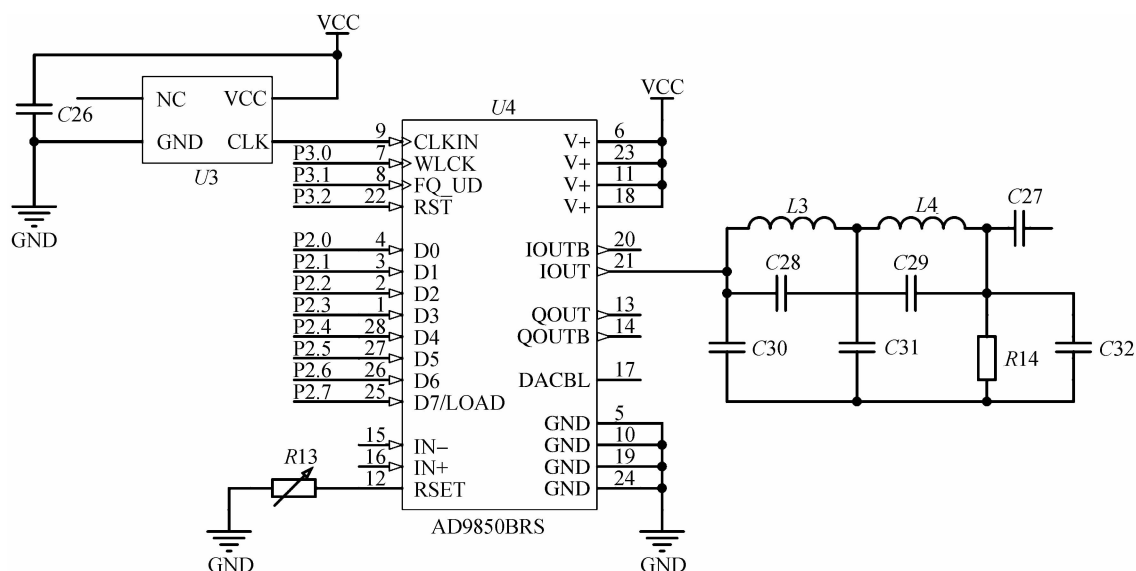


图 3 AD9850 电路连接图

Fig. 3 Circuit diagram of AD9850

2.2 AD 转换模块

由于外界的电磁场对监测仪的干扰较大,为了减小接地电阻的误差值,需选用带通滤波电路来滤除干扰信号,将采样信号保持在一个较窄的频率带范围内,带通滤波电路连接情况如图 4 所示。在本系统中正弦电压信号的频率为 1.687 kHz,因此中心频率设定为 1.687 kHz,增益为 1,品质因素为 6,选择滤波电容为 0.01 μ F,根据公式可计算出各电阻值。通过 Multisim 对本设计中的带通滤波电路各参数进行仿真测试,在幅频特性图中可以看出该滤波电路可以有效滤除 1.687 kHz 之外的干扰信号。

经过滤波电路滤除干扰信号后,再经过线性整流电路将正弦交流信号转换为直流电压信号。该直流电压信号是模拟信号,这个模拟量要输入单片机内进行计算才能得到接地电阻的阻值,因此要通过 AD 转换器将模拟量转换为数字量。AD 转换器的主要技术指标为分辨率、转换时间、精度等^[15]。综合考虑以上 3 个因素,选用 TI 的 ADS8345 作为 AD 转换芯片。ADS8345 是 16 位 8 通道输入(或 4

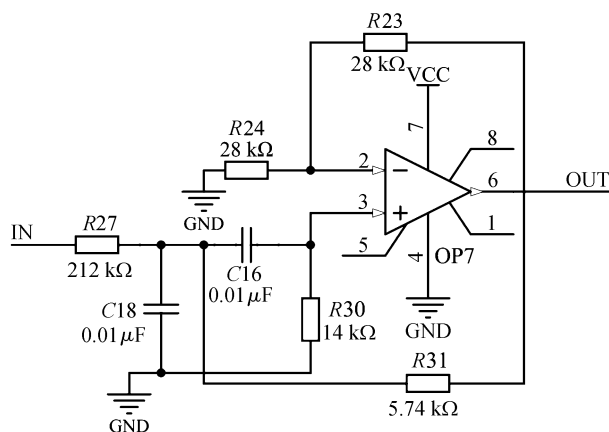


图 4 带通滤波电路连接图

Fig. 4 Circuit diagram of band pass filter

通道的差分输入)串行输出的模数转换器,采样速率为 10^5 次/s。ADS8345 内部不含基准参考电压,为了保证转换的精度,减小误差,采用 REF192 作为基准参考电压发生器。REF192 基准源芯片具有高精度、低温漂、低功耗且兼有睡眠功能的特点,能满足工作需要。

2.3 GPRS 通信模块

GPRS 网络覆盖范围广,信号稳定,可以满足现场通信的要求。因此,接地电阻阻值远程测量系统的通信模块采用 SIM900A。SIM900A 内置 TCP/IP 协议簇,采用标准 AT 命令接口,用户可以通过 AT 命令对 GPRS 进行操作并完成数据传输,并且具有睡眠模式。SIM900A 采用串口与 MSP430F149 进行连接,MSP430F149 发出的 AT 命令通过串口以字符串的形式传给 SIM900A, SIM900A 接收到 AT 命令后进行相应的操作。

3 软件设计

3.1 单片机软件设计

单片机工作流程如图 5 所示。单片机功能使用 Keil C51 来编码实现。单片机上电复位后,首先对各部件进行初始化设置,当初始化完成后,进行自检,通过对已知电阻进行测量,作为参考基准,用线性差值法进行校正,从而减小温漂和零漂,获得更为精确的阻值。自检完成后,单片机进入待命状态。上位机发出命令后,根据命令执行不同的操作。单片机接收到测量命令后,将控制字写入 AD9850 中,AD9850 输出正弦信号,被测电阻产生感应电流,通过电流互感器感应电流,将电流信号进行放大,滤除干扰,转换为直流信号,通过 ADS8345 输入单片机内进行阻值计算。在进行 12 次测量后去除最大、最小值,取 10 次测量的平均值作为待测量电阻阻值,阻值通过 GPRS 模块上传到上位机。单片机接收到网络设置命令后,与上位机通信,进行网络检测与数据传输测试。

3.2 上位机软件设计

上位机工作界面如图 6 所示。上位机软件以 Visual Studio 2015

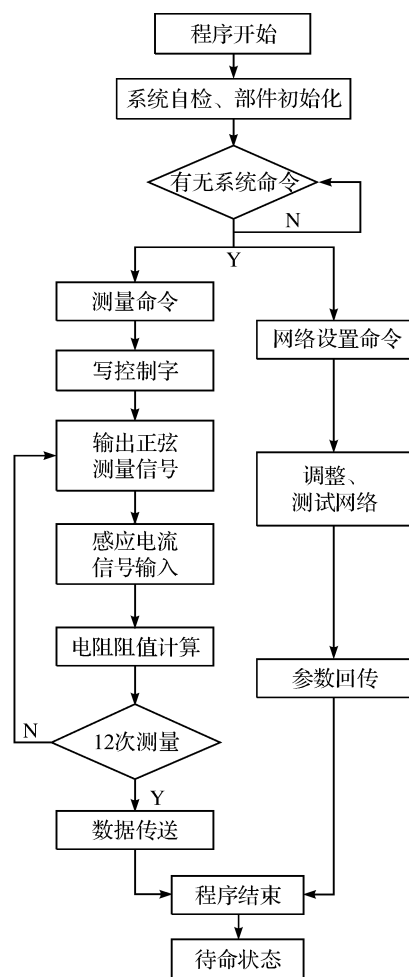


图 5 单片机工作流程图

Fig. 5 Flowchart of SCM

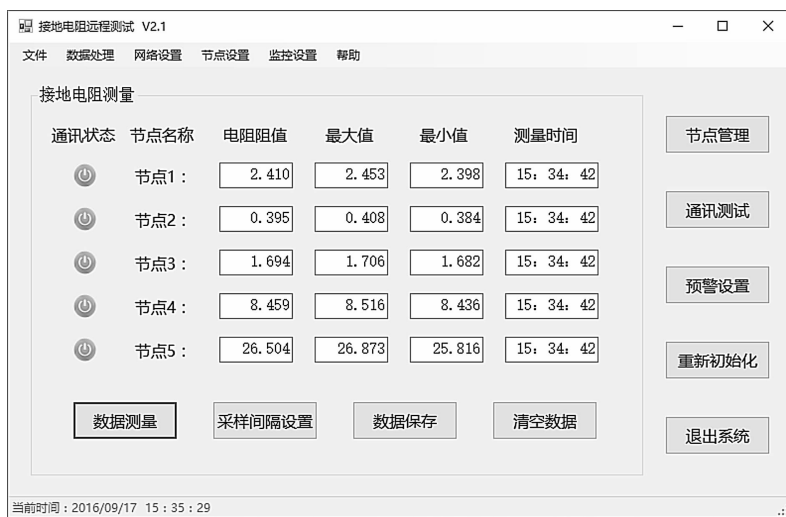


图 6 上位机工作界面

Fig. 6 GUI of host computer

为开发平台,以C#为开发语言。Visual Studio 2015的C#界面设计快捷,代码运行效率高,生成的程序在Windows平台运行稳定。该软件主要完成各检测节点的网络设置、监控与用户命令传输,完成电阻阻值的实时处理,对测量结果进行监控,对数据进行存储、分析和预警。

从图6中可以看出,上位机软件首先处理的是对检测节点的管理工作,将需要测量的节点与上位机联结起来,进行节点的初始化和通信测试。初始化完成后,进行数据传输测试,数据传输正确后发布测量命令,单片机接收命令后进行测量、计算,并将阻值传回上位机。上位机接收数据后根据检测节点的温度、湿度与地理位置及系统时间,调用不同的季节系数对阻值进行校正,以减小误差^[16];再通过工作界面进行显示、预警并完成数据的存储工作。新增检测节点操作通过节点设置菜单进行,当新增节点输入对应地址信息后,测试软件与新增节点进行通信,确认新增节点命令,并对新增节点进行调试。

4 测试结果

对5个节点进行远程检测,并将检测结果与ZC-8型摇表测量仪的测量结果(业界测量标准)进行比较,结果如表1所示。通过表1可知,本系统能对接地电阻进行准确测量,通过GPRS网络进行数据的传输,在经历天气剧烈变化后其测量值保持不变,测量的结果具有误差小、测量精度高且受外界因素影响小的特点。

表1 测量结果比较
Table 1 Comparison of experiment results

序号	测量仪测量值/ Ω	本系统测量值/ Ω	误差值/ Ω	误差比例/%
1	0.41	0.406	0.004	0.98
2	1.68	1.694	-0.014	0.83
3	2.40	2.423	-0.023	0.96
4	8.52	8.459	0.061	0.72
5	26.36	26.504	-0.144	0.55

5 结论

接地电阻阻值远程测量系统可根据需要实时设置采集点,测量节点组网方便、快捷;实现了实时在线测量,测量误差小;提高了测量的自动化程度,降低了工作强度。经过实际测试,该系统具有工作稳定可靠、不易受外界干扰的特点,还具有测量精度高、组网便捷的优点,因此具有广泛的应用价值。

参考文献:

- [1] 严有琪,袁军,姜银方,等.关于接地电阻检测仪在实际应用中的研究[J].现代仪器,2012,18(6):88.
- [2] 李冰,王涛,杨洪兴.杆塔接地电阻直接测量算法的研究[J].山东建筑大学学报,2012,27(5):488.
- [3] 秦建国.杆塔输电线路接地系统阻值测量[J].广西职业技术学院学报,2011,4(5):17.
- [4] 倪伟,张粤.多功能接地电阻测量装置设计[J].电力自动化设备,2009,29(5):120.
- [5] 张培刚,陈章伟,张国鸣.大型接地网接地电阻测量误差分析和对策[J].浙江电力,2009(2):81.
- [6] 范蓉蓉.钳形接地电阻测试仪测量值的不确定度的评定[J].计量与测试技术,2015,42(6):62.
- [7] 冯杰,代永红,李晗.接地电阻自动监测系统的设计与实现[J].微计算机信息,2007,23(10):6.
- [8] 唐慧强,葛黎黎,景华.基于无线传感器网络的接地电阻检测系统[J].仪表技术与传感器,2015(2):54.
- [9] 王亚军,舒乃秋,李澎森,等.输电杆塔接地电阻测量新方法 & 误差分析[J].电力系统自动化,2006,30(4):80.
- [10] 王文汉,王晓飞,李东,等.仪器仪表接地电阻测试系统设计[J].微计算机信息(测控自动化),2008,24(31):146.
- [11] 张启华.用高频并联法测量杆塔接地电阻的技术及装置[J].高电压技术,2007,33(1):194.
- [12] 周积强.基于GPRS的接地电阻自动检测系统设计[J].气象水文海洋仪器,2011,28(4):57.
- [13] 刘举平,余为清,刘正平.钳型变频接地电阻检测仪的研制[J].电工技术,2009(6):72.
- [14] 黄汉平,邱波.基于AD9850构成的DDS正弦波信号发生器设计与实现[J].电子世界,2013(4):57.
- [15] 吴彩林,潘小波.电力数据采集A/D转换器的选择方案[J].电子测试,2008(6):65.
- [16] 王战胜,严国志,应天来,等.杆塔接地系统季节系数的机理探究[J].华中电力,2010,23(4):7.