

基于 STM32 的电力载波高压母线测温系统^①

邓 勇^② 沙庆康^③ 杨 元 马 响

(南通大学机械工程学院 南通 226000)

摘 要 通过结合 STM32 单片机和电力载波模块的性能,优化软件设计部分,灵活运用电力载波模块传输性能,实现点对点的远距离数据传输。解决了无线测温中需在一定空间范围内设置基站的问题,更好适用于类似母线这类沿直线分布物体的监测数据传输。设计了一种适用于母线测温系统使用的供电方式,使系统能够获得持续稳定电力供应。系统采用 GIS 仿真技术建立符合建筑实情的母线网络模拟地形图,实时指示故障点位置。

关键词 母线测温,电力载波,供电方式,GIS 仿真技术

0 引 言

随着高层建筑和大型工厂的出现,各行业用电量迅猛增长,而传统电缆在大电流的传输中已不能满足要求。母线作为一种新型配电导线应运而生,与传统的电缆相比,在大电流输送中能充分体现出它的优越性^[1]。但母线槽长期处在大电流、高电压的工作环境中,母线接触点及每段连接处由于老化、氧化、松动等原因会使接触电阻增大,从而导致母线升温,引发漏电、熔断等安全事故,甚至引发火灾,因此对高压母线的温度监测极为重要。对母线接头处温度监测传统方法是检测员用红外设备或测温仪对母线进行逐点测量记录,该方法不能实现实时监测,更不能及时预警^[2]。且目前无线监测温度所采用的大都是星型的拓扑结构^[3],该结构具有传输链路成本低、线路的利用率高等优点,但采集像母线这样线型分布的数据体现不出具体优势。基于 STM32 设计的电力载波数据传输系统,该系统既能省去总线型结构的转接节点,又能具备环型网的结构简单、易于实现的优点^[4]。目前对于无线母线测温设备供电的方式有 4 种:电池供电、太阳能供电、

外接电源供电、自感供电。本文根据母线测温应用的实际环境,提出从母线自身取电的供电模式,为系统提供简单可靠供电。

1 电力载波数据传输系统

本文提出并实现一种适用于母线槽一类在空间内沿直线分布物体的电力载波温度数据传输系统。主要包含温度采集模块、数据传输模块、智能检测平台等,图 1 为电力载波温度数据传输系统结构图。图 2 为常用无线装置检测结构,图 2 中系统受无线传输距离的影响,每隔一段距离要增设一个转接节点,负责收集附近温度采集点温度,并打包发送到下一个转接点,系统的功能单一简单。通过对比发现,本系统省略无线传输中转接节点的使用,充分利用 STM32^[5]和电力载波模块^[6,7]组成数据传输模块,实现测温点温度的采集和传输。电力载波系统具有传输效率较高、建设成本低、维护简单等优势,并实现了沿直线分布母线的温度监测的优化。

电力载波数据传输系统采用多种通讯技术,例如运用互联网技术将平台上的数据上传到云端,可以供有权限的单位和个人实时查看,并通过移动互

① 国家自然科学基金(61775188)资助项目。
② 男,1965 年生,教授;研究方向:测控技术与仪器,高精度测量;E-mail: 1047043676@qq.com
③ 通信作者,E-mail: shaqingkang@chestec.com
(收稿日期:2018-02-19)

联网可以将温度报警信息直接发送至责任人手机上,提醒注意处理。将采集到的数据、分析结果通过

网络上传,让各相关部门能够实时分享相关数据,为母线安全高效运行提供及时数据支持。

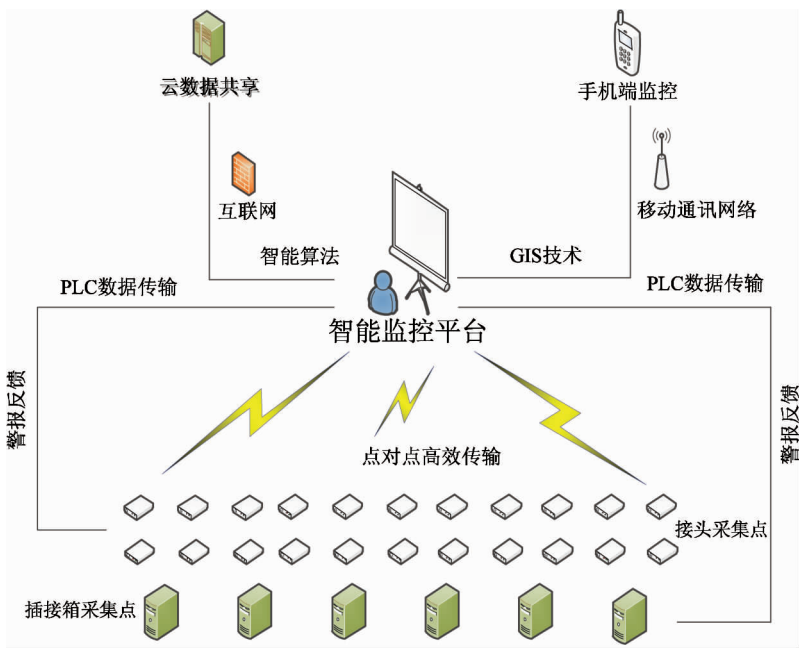


图 1 电力载波数据传输系统结构

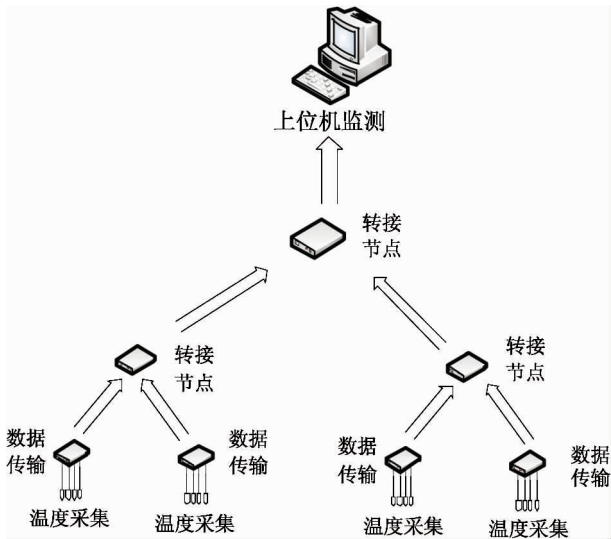


图 2 常用无线传输系统

2 电力载波数据传输系统

2.1 系统硬件设计

电力载波数据传输模块分为两部分,一部分使用 STM32F103 单片机作为数据处理与储存的载体,另一部分使用电力载波模块作为数据收发单元。

STM32F103 由意法半导体集团设计,采用高性

能 ARM Cortex-M3 内核,工作频率为 72MHz,数据处理速度较快,且存储能力较大,内置高速存储其包括 128kB 闪存和 20kB 字节的 SRAM,具有丰富的通信接口。STM32 有接两个晶体振荡器为其内部系统提供时钟源:一个是高速外部时钟(HSE),用于为系统提供较为精准的主频;另一个是低速外部时钟(LSE),接频率为32.768KHz的石英晶体,用于为系统提供精准的日历时钟功能。STM32 的 I/O 端口具有稳定功能,为连接到其他外部模块提供标准接口,每个 GPIO 引脚都可以由软件配置成输出(推挽或开漏)、输入或复用的外设功能端口,STM32F103 数据处理速度快、存储能力大,最高存储容量可扩展到 128K,满足本系统的设计要求^[8]。STM32 单片机与电力载波模块的接线如图 3 所示。

ES1642-C 载波模块是一款小型化、低功耗的电力线载波通信模块,其核心芯片采用东软载波电力线载波通信芯片 SSC1642,内部集成 32 位处理器,采用 DBPSK 数字调制解调方式传输,具有灵敏度高、通信可靠、抗干扰能力强、通信距离远等特点。其载波参数性能如表 1 所示。

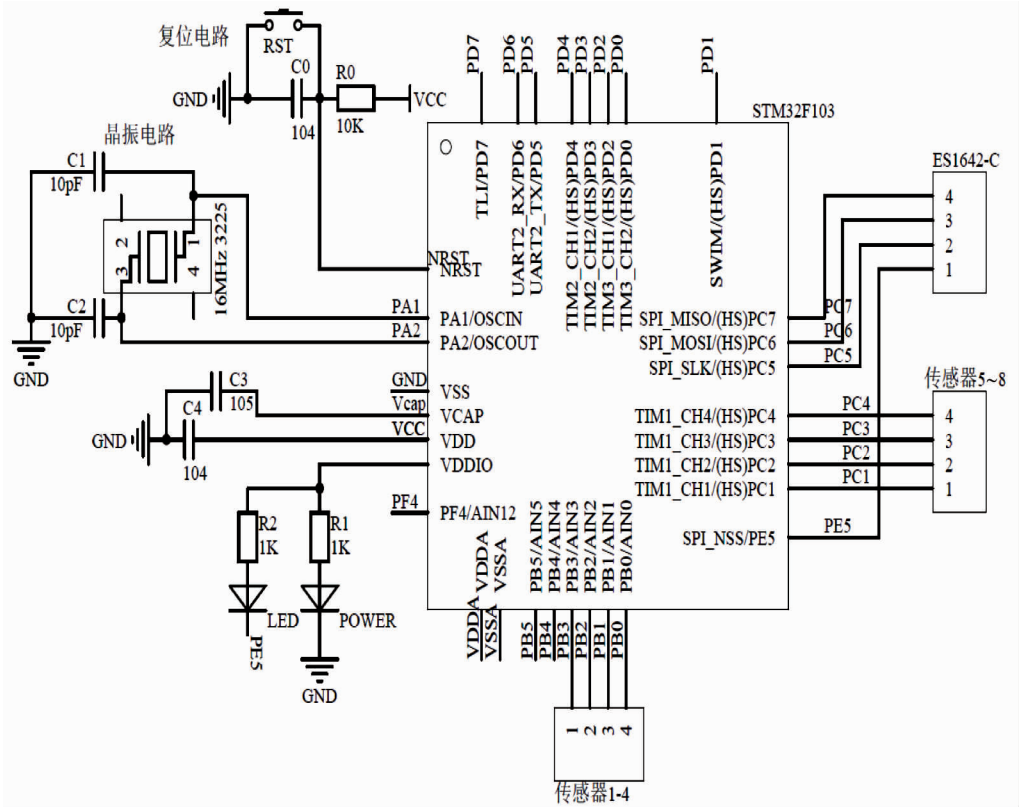


图 3 电力载波数据传输系统原理图

表 1 载波模块参数性能

名称	数值	名称	数值
调制解调方式	DBPSK	接收灵敏度	100uVrms
通信速率	2.5kbps ~ 5kbps	串口波特率	9600bps, 无校验
静态功耗	≤0.045W	动态功耗	≤1.5W
尺寸	31.2mm(长) × 19.5mm(宽)	强弱电隔离耐压	3kV(50Hz)
高效率帧中继转发机制		符合工业级 -40℃ ~ +85℃ 温度要求	

电力载波数据传输系统采用 DS18B20 作为温度采集传感器,其独特的单总线接口方式,使其在与微处理器连接时仅需要一条口线就可实现微处理器与 DS18B20 的双向通讯,大大提高系统的抗干扰性。其测温范围在 -55℃ ~ +125℃,精度为 ±0.5℃,最多可支持 8 个 DS18B20 并联在同一个单元上,实现多点测量,测量结果以 9 ~ 12 位的方式进行数据传送。

电力载波数据传输系统监测公司研发生产的镁铝合金外壳密集型母线,每个测温单元底部有伸出的金属接触点,直接从母线上取电。该母线技术参数国内领先,结构简单、使用方便,其具体参数如表 2。

表 2 母线参数列表

参数名称	数值
额定交流电工作电压(V)	690
额定交流电绝缘电压(V)	1000
额定电流(A)	400
最低/最高 24h 平均温度(℃)	-15/+40/35
防护等级	IP54
电阻/米(MΩ)	0.109
电抗/米(MΩ)	0.0474
每米压降(V)	0.076

2.2 系统软件设计

根据母线结构特性,在每个监测点共设置 8 个

传感器采集温度,采集到的温度由单片机处理打包,发送至下一个监测点。下一个监测点接受上一监测点数据,并采集自身 8 个点的温度数据再发送至下一个监测点,依次传递直至上位机。在软件设计部分,需解决三大问题:(1)数据量在传递过程中的累加存储问题;(2)如何保持监测点间依次不间断传递问题;(3)如何发现并定位温度异常监测点。系统采用 STM32F103 单片机和电力载波模块,单片机其内存可以扩展至 128kB,每一个测温节点占用 1bit,一个单片机理想情况下可最多储存 128×1024

个测温点的温度,解决大量数据存储的问题;电力载波模块自带应答地址,通过灵活更改其应答地址的编程方法,实现点对点或者是逆向返回指令的传输功能,解决单片机之间数据收发干扰问题^[9]。

为了定位异常温度点,该系统将每片单片机存储单元地址设置为相同地址,结合数据编码的功能,使一个温度对应一个地址、固定地址储存、固定测温点的温度,实现快速准确定位异常监测点。图 4 为软件程序流程图及地址匹配代码。

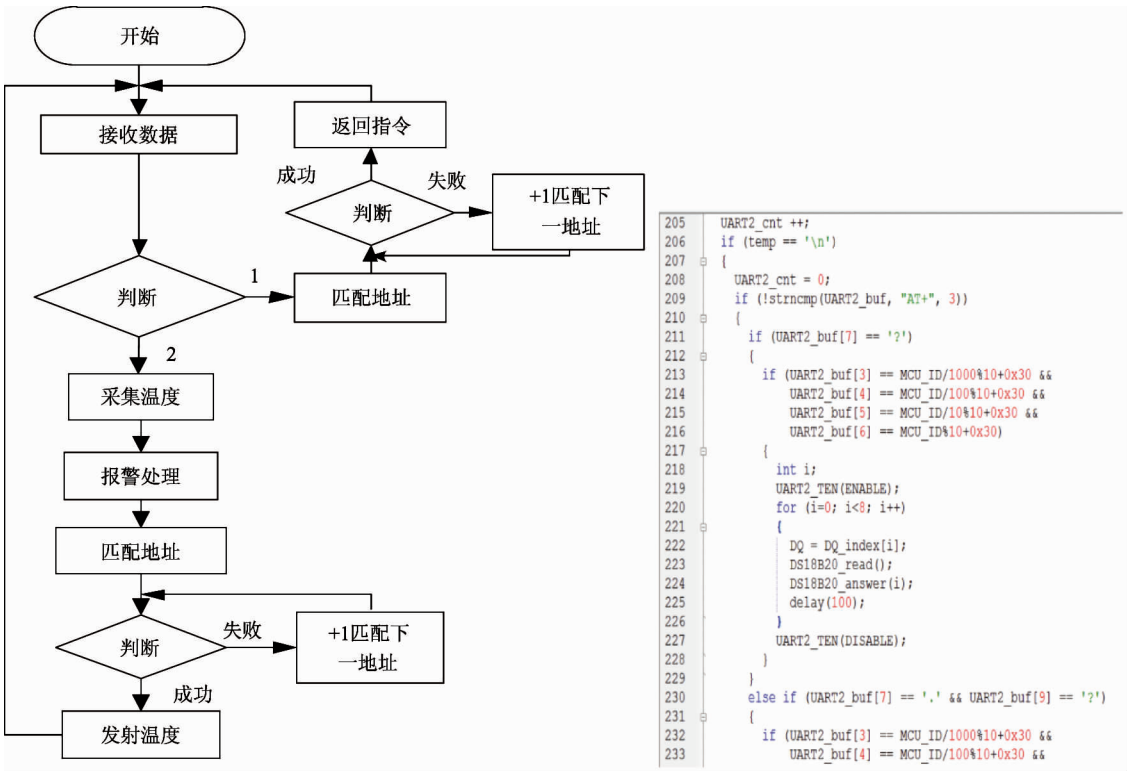


图 4 软件程序流程图及地址匹配代码

程序自我检测设置基本参数后,开始启动电力载波收发装置,处在接收数据状态。若没有接收到任何数据,则一直处在接收状态;若收到的点名地址与本地地址相符则开始采集自身温度传感器的温度数据,温度异常则启动报警灯警示,接着设置发送通道匹配下一接收节点地址,发送全部温度数据返回接收数据状态;若接收到的数据是返回指令,则直接设置发射通道和匹配下一接收地址,返回指令进入数据接收状态。

在地址匹配阶段,系统按照最优方式寻址,即在

自身地址编码基础上做加法,将数据传送至邻近单元。若邻近单元发生故障无法应答,则本单元继续做加法寻找下一发送单元;同时上位机具有最高优先权,可实现“点名”方式指定某一个单元单独发送数据,即在系统内发送某一具体地址,仅让被点名单元反复上传数据,实现重点关注的目的。

3 系统供电设计

目前温度监测设备供电的模式有太阳能供电、

电池供电、互感供电、外接插头供电,电力载波系统根据高压母线自身带电的特点提出直接从母线本身取电的设计。这种方法既能大大简化系统的结构,又能为监测系统提供稳定的电源。电力载波系统外

观结构如图 5 所示,此处共需要监测 8 个点,分布在接头两侧,在三相四线制中本文选取其中的一条火线和零线引出,经过变压电路转化成 5V 直流电直接为系统供电。

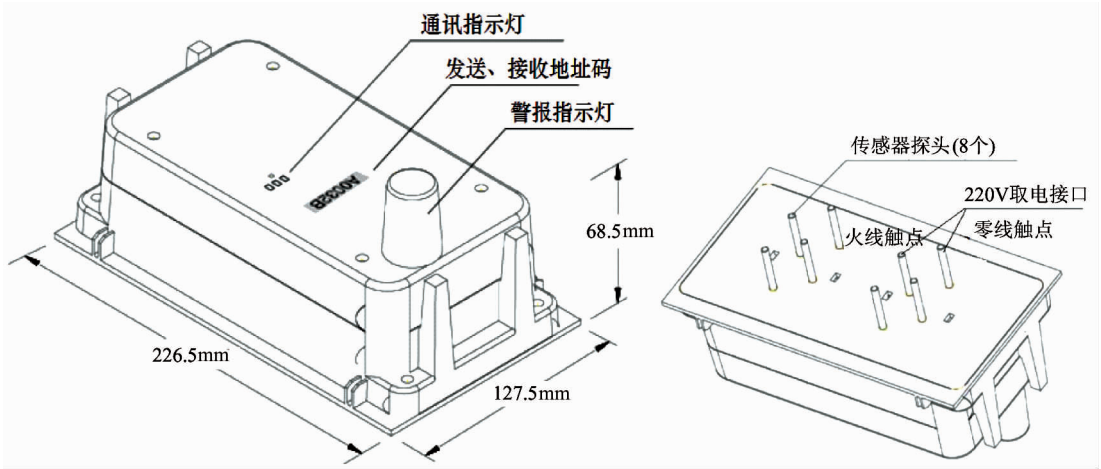


图 5 电力载波系统外观图

图 6 为取电结构示意图,整个结构由护罩盖板、接头监测单元护罩、接头监测单元三部分组成。其中接头监测单元为主要部分,将在图 7 中详细说明;防护盖板主要起到防尘、抗压等作用;接头监测单元护罩起到固定接头监测单元的作用,使监测单元能够持久稳定地接触母线,获取稳定电源。图 7 为接头安装结构示意图,8 个 DS18B20 测温传感器分别从装置底部伸出,穿过母线连接器中的空隙直接顶

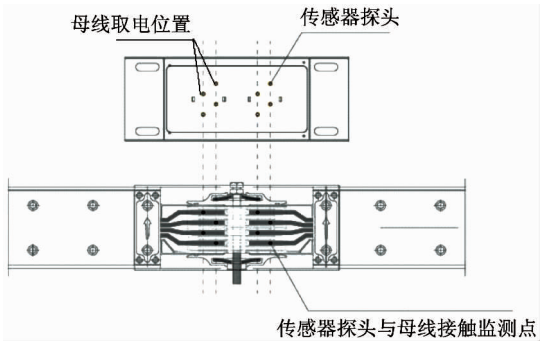


图 7 母线接头安装示意图

在铜板上,接触测温。选择其中的火线与零线导电,通过外面金属将电压传输到内部的电压处理电路实现转换成 5V 直流电为系统供电。由于测温系统功率很小其对电能传输消耗可忽略不计。

4 系统测试

在扬中某高压母线生产工厂,用多个测温单元组成一条直线测温系统,每个测温单元监测两点温度,用以检验软件硬件设计原理的可行性。图 8 为通过一段时间采集传输至上位机系统的温度数据。由数据分析可知,传感器工作正常且灵敏度高,细微

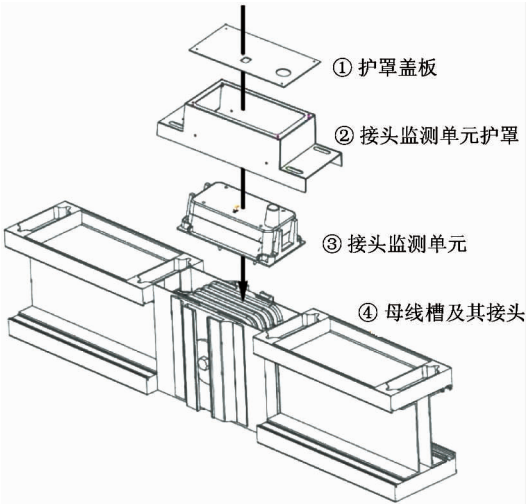


图 6 取电结构设计示意图

温度变化都能监测出来;电子载波数据传输及时高效,几乎没有发生数据丢失现象。

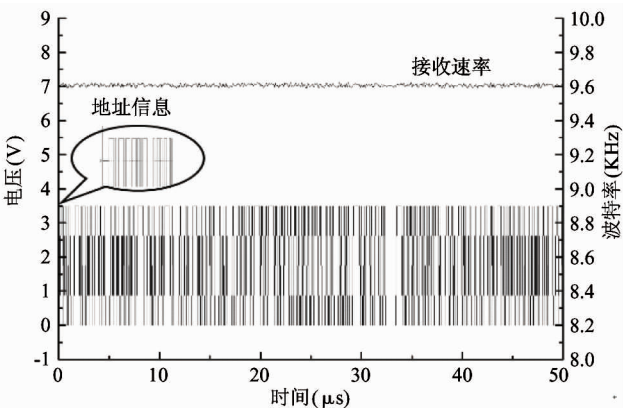
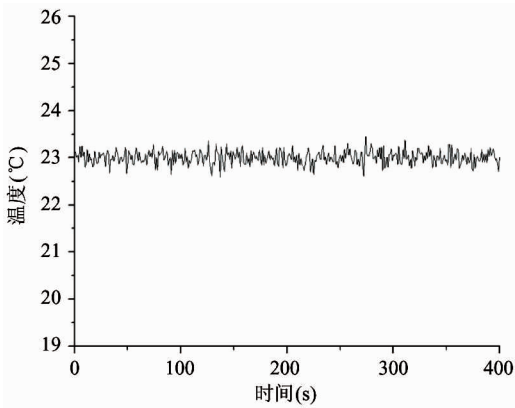


图 8 温度数据、数据传输速率

表 3 系统中温度采集模块性能参数

名称	数值
工作电源	220V 交流电
工作温度	-10℃~85℃
工作湿度	≤93%
最大功耗	≤2.5W
测量范围	-20℃~125℃
测量精度	0.1℃
超温阈值设定	-20℃~125℃(可按要求设置)
测量点数	1~8 个(实际需求设定)
安装方式	插接式

采用 GIS 仿真技术建立符合建筑实情的母线网络模拟地形图^[10],母线运行状态均在地形显示,当出现报警灯异常情况时,GIS 地图能迅速准确显示故障位置,并引导维护人员到达故障点,缩短了应急处置时间。使用该功能前需要将测温点的布置位置图导入系统,随后填写设备 ID 号、设备描述、产线 ID、顺序 ID 等指示每个监测点位置信息,具体 GIS 仿真操作界面如图 9 所示。

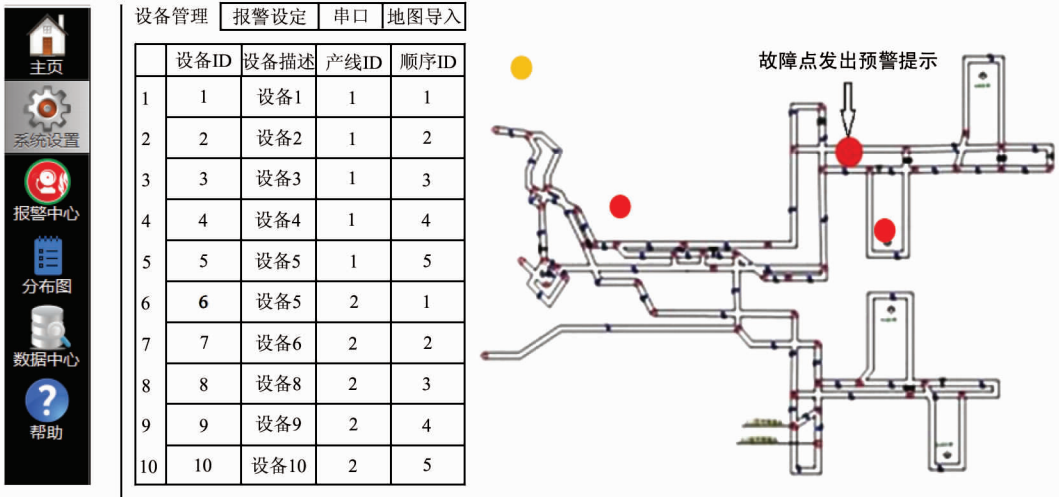


图 9 GIS 技术操作及显示界面

图 10 所示为系统上位机显示界面,主界面显示各个监测点运行状况,若有异常温度出现,系统会及时在主界面显示提醒。点击进入各个监测点可随时

查询每个监测位置的温度记录,并绘制温升曲线,一边及时动态了解高压母线运行状况。

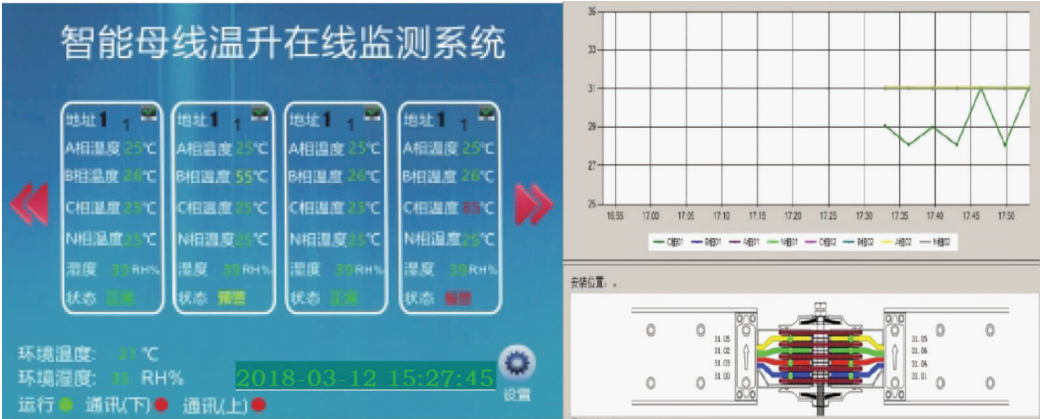


图 10 测温系统上位机

5 结 论

电力载波系统通过结合 STM32 单片机和电力载波模块的性能,优化软件设计部分,实现了对母线

接头处温度的实时监测,提高了检测效率,能在一定程度上减少母线在使用过程中安全事故的发生几率。电力载波的通讯方式具有其独特的优势,各种通讯方式性能对比如表 4 所示。

表 4 技术横向对比

技术特征	电力载波系统	无线系统	红外测温	光纤光栅测温
供电方式	母线上直接取电	电池供电	电池供电	电线供电、电池供电
测温方式	接触式	接触式	非接触式	非接触式
维护是否需断电	否	是	是	是
传感器数量	1~8	1~8	1	1
可监测传输信号	温度、电流、电压等	温度	温度	温度
通讯方式	电力载波通讯	无线传输	电缆	光纤
组网方式	一对一传输	一对一传输	路由组网	路由组网
线路故障影响程度	较小	较大	较大	较大
报警方式	采集点报警、GIS 地图报警、手机短信提醒	采集点报警	采集点报警	采集点报警
报警可信度	高	较高	较高	较高

通过后续扩展可将采集的数据通过上位机程序显示在 PC 端,PC 端完成对数据进行分析储存等一系列功能。例如对检测部分温度的实时显示,当检测位置温度异常时及时预警并保存异常数据等待分析,能将保存的数据按照天、周绘制成曲线,并能提供下载打印等服务。

参考文献

[1] 黄新波,张杰,田毅,等. 风电母线槽热故障状态在线监测系统[J]. 电力系统保护与控制,2017,45(24):

130-137

[2] 郭宗莲. 基于 nRF9E5 的高压接点无线测温系统研制[J]. 电力自动化设备,2008,28(12):117-120

[3] 杨武军. 郭娟现代通信网概论[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2004. 8-11

[4] 王长青,王昊. 基于 Zigbee 的自供电高压母线无线温度监测系统设计[J]. 电测与仪表,2015,52(7):101-105

[5] 涂朴. 基于 STC89C52 的公交智能报站系统设计[J]. 现代电子技术, 2015,38(9):104-109

- [6] Martin T. Chapter 1-Introduction to the Cortex-M Processor Family[M]. The Designer's Guide to the Cortex-m Processor Family, 2nd Edition. Elsevier Ltd, 2016. 1-22
- [7] 吴俊,朱明程. 电力载波电表及其载波通信[J]. 电力自动化装备,2004,24(6):78-80
- [8] 奇生,白磷. 基于 ARM 的单片机应用及实践[M]. 北京:机械工业出版社,2014.3, 65-74
- [9] 吴锐,陈德桂,耿英三,等. 一种基于蚁群系统的配电系统母线槽布线算法[J]. 电工电能新技术,2003,22(2):56-59
- [10] 李青元,林宗坚,李成明. 真三维 GIS 技术研究的现状与发展[J]. 测绘科学,2000,25(2):47-51

Power carrier high voltage bus temperature measurement system based on the STM32

Deng yong, Sha Qingkang, Yang Yuan, Ma Xiang

(School of Mechanical Engineering, Nantong University, Nantong 226000)

Abstract

Electric power transmission performance carrier module is adopted flexibly to optimize software part designing through the combination of the STM32 MCU and the performance of electric power carrier module, which realizes the point-to-point data transmission over a long distance. Setting up base stations in a certain space in wireless temperature measurement are better suited to the monitoring data transmission of similar bus line. The design of a power supply mode for the bus temperature measuring system is proposed, so that the system can obtain continuous and stable power supply. The system adopts the GIS simulation technology to establish the bus network simulation topographic map, which is in accordance with real building situation and indicates the fault location in real time.

Key words: bus temperature measurement, power carrier, power supply mode, GIS simulation technology