

注：2018年度福建省教育厅中青年教师教育科研项目（NO. JZ180613）

摘要：随着电力系统的发展，高压电气设备的安全性、可靠性凸显重要。而高压断路器工作于最佳状态又是设备安全可靠的重要保证。为了实现高压断路器中设备的接触点和开断点——梅花触头处的温升的实时检测，本文介绍了基于蓝牙传输的无线测温系统，克服了高压电力系统中检测困难，测量精度差等难题，为设备的故障发现、维修提供了可靠的依据。

关键词：高压断路器；温度检测；蓝牙

中图分类号：TP27

文献标识码：A

文章编号：1006-883X(2019)06-0013-04

收稿日期：2019-06-11

高压断路器梅花触头的温度检测

侯磊

福州职业技术学院，福建福州 350108

一、前言

高压断路器的可靠性会直接影响电网运行过程中的安全与稳定，因此是电力系统中最重要的设备之一。国内外很多公司和机构对于高压断路器测温技术的研究，基本上分为接触式测温和非接触式测温两种。

本文采用的无线测温技术解决了高压断路器测温系统高、低压侧之间的高压绝缘问题，属于接触式测温方法，此方法可以解决红外测温法难以监测高压断路器内触点运行温度的问题^[1]。分布式测温节点直接安装在断路器需要测温的地方，数据接收装置放在距离断路器触头一定距离的地方，分布式测温节点与数据接收装置之间采用蓝牙无线传输方式进行数据的传输，从而实现高压隔离问题和数据的有效传

输，克服了高压断路器内触点的温度不易被红外测温法监测的难题^[2]。

二、系统总体设计

高压断路器无线测温系统由三大部分组成：高压侧发射端、低压侧接收端和数据处理控制单元。考虑到高压断路器三相的上、下触臂共有6个梅花触头，所以提供了6路相互独立的温度检测模块以及相应的蓝牙无线传输通道。系统总体设计框图如下图1所示。

高压侧部分主要包括CT互感器电源、温度采集

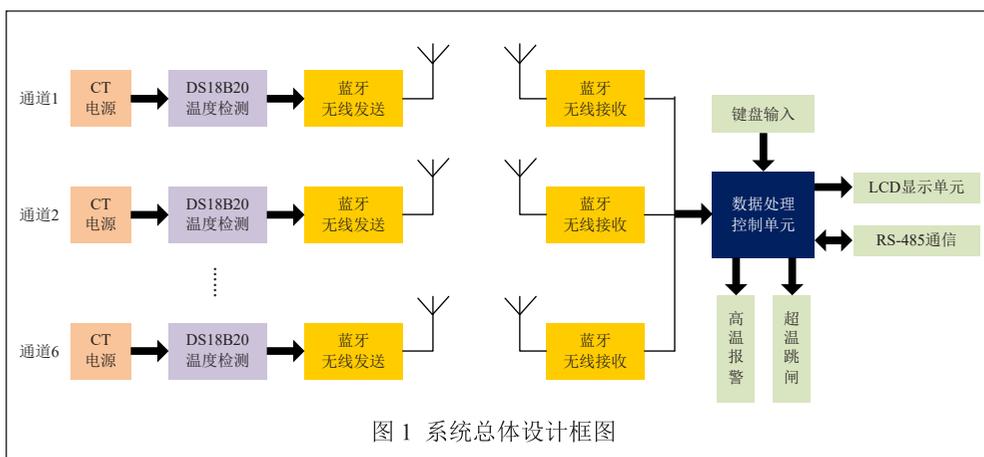


图1 系统总体设计框图

模块、蓝牙发送模块等部分；低压侧主要包括低压侧供电电源、蓝牙接收模块、数据处理控制单元、LCD 显示单元、键盘输入等部分。

在高压侧通过 6 个温度检测模块来对高压断路器 6 个梅花触头的温度信号进行采集，利用蓝牙传输将相应通道的温度数据发送出去，在低压侧利用蓝牙模块将对应通道的温度数据接收，送给数据处理控制单元处理，得到 6 个触头的温度数据，并用 LCD 显示。

系统采用 CT 电源通过高压母线取电方式为高压侧电路提供电源，供电 CT 的圆形线圈环绕在高压断路器触臂上并固定，温度采集和蓝牙发送模块固定在触臂上，温度传感器的测温端嵌入在靠近梅花触头的触臂内采集触头的温度，接近发热点，能迅速地反应触头的温度变化。

三、系统硬件部分设计

1、CT 互感器电源

高压侧的 CT 电源是利用磁感应线圈在高压母线上感应出交流电能，在供给电子装置之前，CT 电源二次侧的输出电压还需经过整流、滤波、稳压、DC-DC 变换等处理后，才可以为高压侧电路提供一个稳定的工作电源，原理如图 2 所示。所需电源能量全部通过 CT 互感器的电磁感应从高压母线电流中获得，在为高压侧电路可靠供电的同时，还能够保证对地的绝缘性，且有很大的成本优势。

2、温度检测模块

温度检测模块安装在高压断路器内部的被测点，进行温度采集，它是由微处理器和温度传感器

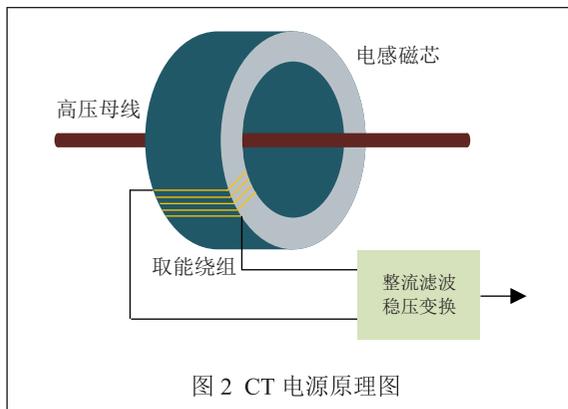


图 2 CT 电源原理图

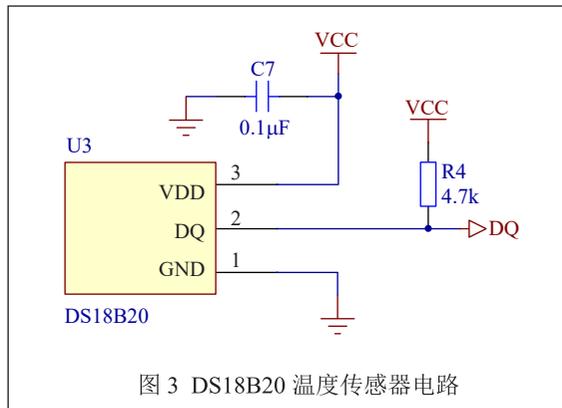


图 3 DS18B20 温度传感器电路

DS18B20 组成。微处理器在温度采集系统中主要负责读取温度传感器信号，进行温度转换及相关处理后，通过串口将数据发送至蓝牙通信模块，利用蓝牙通信将数据发送给低压侧接收端。图 3 是温度传感器电路。

本文采用 DALLAS 公司生产的数字温度传感器 DS18B20，它有三个引脚，分别是电源引脚（VDD）、接地引脚（GND）、数据线引脚（DQ）。微处理器为保证单总线工作稳定，工作时要在单总线上接一个 4.7kΩ 的上拉电阻。这样，当 DS18B20 处于空闲时，DQ 口由上拉电阻置为高电平状态。温度传感器与微处理器的连接只需要通过一个 I/O 引脚，DQ 连接到微处理器引脚，实现单总线通讯。

3、蓝牙无线通信模块

高、低压侧的信号传输每一路需要两个蓝牙模块，即高压侧的蓝牙发送模块和低压侧的蓝牙接收模块。对于 6 路触头的温度传输，系统采用了 6 对这样的蓝牙模块。本文都选用 BLK-MD-BC04-B 模块，它是目前市场上很强大的串口蓝牙模块，采用 Blue2.0、支持主从模式、支持波特率范围从 1200 到 1382400。该 BLK-MD-BC04-B 蓝牙模块的实物图及外部引脚如图 4 所示。

蓝牙模块和微控制器都支持 UART 接口数据传输，UART 属于异步传输的串行通信总线。UART 通过发送数据线 TXD 和接收数据线 RXD 来进行数据的传送，发送和接收可以同时进行。首先，对于高压侧，通过微控制器控制温度传感器将检测到的数据进行相应的处理后，通过串口 UART 传送给蓝牙模块，即微控制器的发送数据端口 TXD 接蓝牙模块的串口数据输入端

口 UART - RX; 对于低压侧, 低压侧蓝牙模块将会自动接收来自每一路的高压侧蓝牙模块所发送的温度信号, 最后通过低压侧蓝牙模块的 UART - TX 端口将每一路信号送到数据处理单元中的分时解帧模块^[3]。

4、数据处理控制单元

数据处理控制单元属于低压侧, 结构框图如图 5 所示。主要是将 6 组蓝牙接收模块从断路器三相上、下梅花触头得到的 6 组温度数据分别解帧并处理, 再通过 LCD 显示单元进行界面显示以及进行高温数据的报警等处理, 也可以通过 RS485 总线与其它主机进行通信, 并具有存储故障数据的功能^[4-5]。

6 组温度数据的解帧处理主要是通过微处理器与多路开关模块配合完成的。由于微处理器的 UART 串口资源是非常稀少的, 需要用多路开关模块将 6 组接收到的数据同时送给串口接收端 RXD 处理, 来完成六

组数据的接收。多路开关模块通过采用逻辑门电路来实现打开和关闭对应的 6 路待接收温度信号, 当打开第一路温度信号时, 要关闭另外 5 路温度信号, 才能保证每路数据都能有条不紊的传送给串口接收端 RXD。

四、系统软件设计

硬件平台将接收到的数据帧信号送到数据处理控制单元处理, 数据处理控制单元负责系统控制, 其系统软件包括温度数据解帧、数据显示以及温度报警等功能。图 6 为主程序流程图。

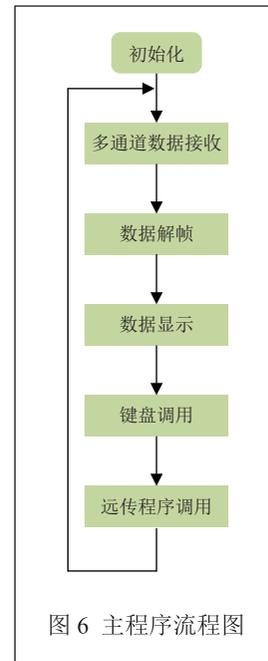


图 6 主程序流程图



图 4 BLK-MD-BC04-B 蓝牙模块的实物图及外部引脚图

五、实验结果

实验以 K 型热电偶作为标准值进行测温校准, 作为参考温度值, 与本系统的温度显示值进行比较。实验中每隔 5min 记录一次测量的温度数据, 分别记录下热电偶的参考温度值和本系统显示的温度值, 并绘制成图, 如图 7 所示。

可以看到, 本系统显示的温度值与参考温度值两者误差在 1℃之内, 随着通电运行时间的增加, 断路器温度值不断上升, 最终稳定在 55℃左右。实验同时表明, 本系统工作稳定, 测量精度高, 运行正常, 能实时掌握高压断路器开关触头的温度变化趋势。

六、结论

本文阐述了一种基于数字温度传感器 DS18B20 在高压断路器测温系统中的应用, 并通过蓝牙无线传输将高压侧采集的温度信号发送给低压侧的微处理器单元进行数据处理。蓝牙无线传输技术很好地解决了高压侧和低压侧之间的电气绝缘问题, 而且高压侧供电电源直接通过断路器的高压母线电流中获得, 不仅保

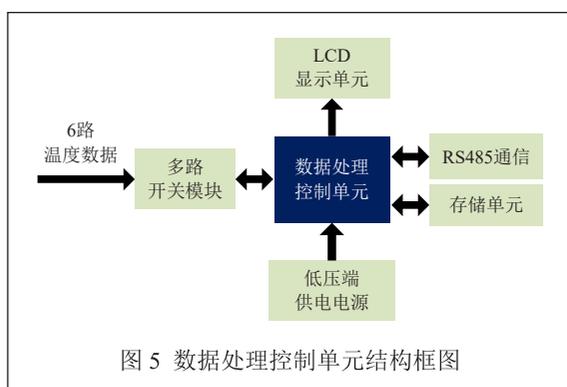


图 5 数据处理控制单元结构框图

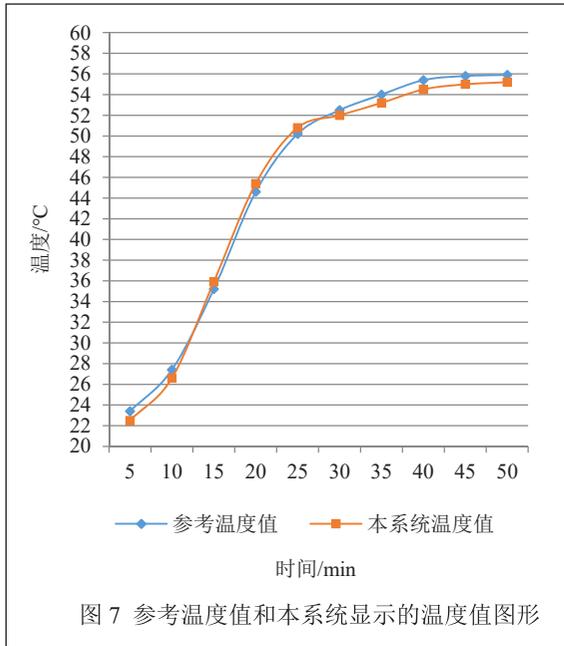


图7 参考温度值和本系统显示的温度值图形

证了对地的绝缘性，还节省了空间和成本。整个系统运行使用情况良好，达到了稳定性和精度要求。

参考文献

- [1] 韩玉兰, 芦兴, 陆灿, 等. 高压开关柜隔离触头温度红外检测系统的研制 [J]. 高压电器, 2008, 44(6): 578-581.
- [2] 菟舜. 高压开关设备状态监测与诊断技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2001, 59-77.
- [3] 王道平, 王凯, 郑浩. 短距离无线通信技术与应用研究 [J]. 无线互联科技, 2018(06):1-2.
- [4] 赵炳成. 高压开关柜在线监测系统的开发与应用 [D]. 杭州: 浙江大学, 2011.
- [5] 田毅, 黄新波. 高压开关柜温升在线监测系统 [J]. 高压电器, 2010, 46(3): 64-67, 71.

Tulip Contact Temperature Detection in High Voltage Circuit Breaker

HOU Lei

(Fuzhou Polytechnic, Fuzhou 350108, China)

Abstract: With the development of power systems, the safety and reliability of high-voltage electrical

equipment become more and more important. And high voltage circuit breaker working in the best condition is an important guarantee for the safety and reliability of the equipment. In order to realize the real-time detection of the temperature rise at the contact points and break points of the equipment-tulip contacts in the high-voltage circuit breakers, a wireless temperature measuring system based on bluetooth transmission is designed in this paper, which overcomes the difficulties in the high-voltage power system, such as low measuring accuracy and so on, and provides a reliable basis for the fault detection and maintenance of the equipment.

Key words: high voltage circuit breaker; temperature detection; bluetooth

作者简介

侯磊: 福州职业技术学院, 助教, 硕士, 主要从事机电一体化技术研究。

通信地址: 福建省福州市闽侯县上街镇大学城联榕路8号福州职业技术学院机电工程学院411室

邮编: 350108

邮箱: houlei198737@126.com