[应用案例]

一种新型高压无线测温在线监测系统的研发及应用

文/国电南瑞科技股份有限公司　杨　胜

电力系统高压设备在长期运行过程中常出现表面氧化腐蚀、紧固螺栓松动、触点和母线排连接处老化等问题，时常造成设备过热甚至爆炸。因此监测高压设备连接点温升是杜绝此类事故发生的关键，而实现温度在线监测是保证高压设备安全运行的重要手段。因开关柜内有裸露高压，空间封闭狭小，无法进行人工巡查测温，传统的测温方式都无法有效地解决这个问题。

无线测温在线监测系统，是解决该难题的一个有效方法。该系统将温度传感器安装到开关柜内的带电接头触点上，在线测量该点温度后，以无线方式将数据上传，集中显示，并实现超温报警；还可与电力自动化系统连接，用户在远端监视设备温度运行状态，系统发现设备温度异常时自动远程报警，及时发现事故隐患。

然而由于运行环境恶劣、声光电磁干扰大、长期运行且难以检修等原因，当前测温系统可靠性较差。基于此本文提出了一种新的方法，较好地解决了此问题，并基于此开发了一套NSR－3950无线测温在线监测系统。

变电站测温系统方案

高压电气设备测温系统需要在技术性能和水平上具备明显的先进性，运行可靠，性能稳定，可以在恶劣环境里长期连续工作，具备较强的通用性、经济型，并且便于维护与扩展。这就需要对此测温系统各种方案进行分析比较，得出能符合要求的设计方案。

当前已有的测温原理供能方式特性和信号传输方式分别如表1～表3所示。

表1　温度传感器特性

测温传感器	优点	缺点
热电传感器	测温精度高，稳定性好，性能可靠	高精度测量时需要进行线性化处理
红外传感器	非接触测量，可制成手持式测温仪	易受影响，测温精度不高
声表面波	无源测量方式，且可靠性高	需天线配合，成本较高，技术不成熟
光纤光栅	灵敏度高，体积小，耐腐蚀，抗电磁辐射能力强	价格昂贵，光纤易因表面污秽而爬电，影响其电气隔离效果
半导体IC	传感器体积小、精度高、稳定性好；集成度高，抗干扰能力强	无

表2　供能方式特性

供能方式	优点	缺点
电池供能	方便	电池寿命短、更换困难
激光供能	波纹小、噪声低、稳定性好	易受影响，测温精度不高
特制线圈供能	绝缘要求低、简化设计	技术不成熟、造价高、寿命有限
无源供能	无需外电源	成本高、技术不熟度

表3　信号传输方式

传输方式	优点	缺点
光纤传输	电绝缘、体积小、耐腐蚀、本质安全	光纤易折断，表面污染会爬电
无线传输	绝缘问题，不受气候环境影响，无需布线，维护方便	

根据前面关于测温原理和系统整体技术方案、技术指标的比较，以及高压电气设备测温系统不同于一般测温系统的特点，选取如下设计方案。

1）采用无线有源型。

2）温度传感器采用半导体 IC 数字式温度传感器。

3) 高压侧供能采用特制线圈供电（供能 CT）。

4）高低压侧信号传输采用ZigBee无线传输的方式。

5）采用ZigBee多点组网的方式：多路高压侧测温电路对应一路低压侧接收电路。

6）低压侧接收电路与上位机之间采用RS485工业总线Modbus通信协议。

此系统由三大部分组成：高压侧发射端、低压侧接收端和上位机数据处理、显示监测。高压侧发射端放置于高压侧被测点，将被测点的温度数据采集下来通过无线传输的方式传输给低压侧接收端，接收端与上位机之间采用RS485总线，以Modbus通信协议来将温度数据传输至上位机。系统的结构如图1所示。

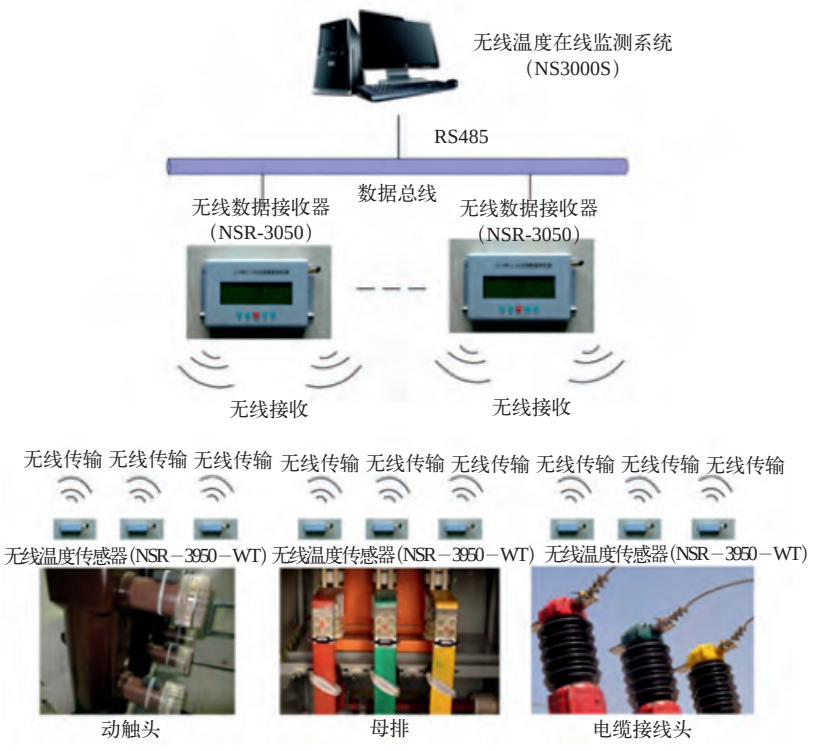

图1　NSR－3950无线测温在线监测系统结构图

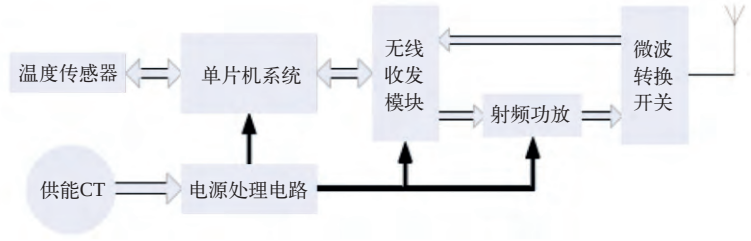

图2　高压侧发射端电路系统框图

变电站测温系统硬件设计

本变电站测温系统，温度数据是通过ZigBee无线传输的方式从高压侧传输至低压侧的，每个单片机系统都有一个无线收发模块，具体的发送与接收由软件来控制，由RS485通信网络构成的主从分布式温度监测系统。硬件主要由高压侧发射端电路、低压侧接收端电路、RS485网络通信模块和上位机组成。

高压侧发射端电路安装在高压开关柜内部的被测点，主要功能就是对温度的采集和温度数据的无线传输。该电路由温度传感器、电源处理电路、单片机系统和无线收发电路等部分组成，系统框图如图2所示。

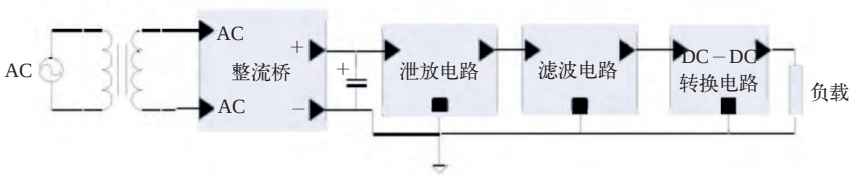

图3　供能CT电路原理图

供能CT电路原理图如图3所示。

本系统对温度数据的采集转换是采用美国DALLAS公司推出的智能化数字式温度传感器DS18B20（见图4）来进行的，其全部传感原件以及转换电路都集成在TO－92或 uSOP 封装的集成电路内。

本测温系统采用ZigBee无线传输组网传输技术，完成数据的实时

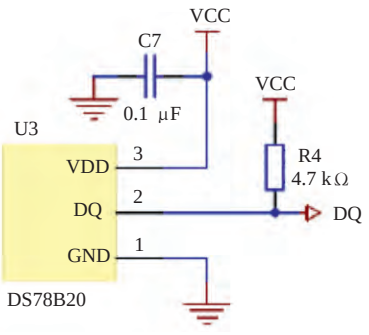

图4　DS18B20温度传感器电路图

传输，传输距离10～30 m。采用Nordic公司的nRF24L01芯片（见图5）来进行无线传输电路的设计。

测温系统低压侧接收端接收多路高压侧发射端的温度数据，通过RS485总线与上位机相连，由Modbus通信协议的问答机制，根据上位机的指令将相应的温度数据通过总线实时发送给上位机进行进一步的操作。接收端系统由电源部分、微处理器部分、无线收发电路和RS485总线转换电路四部分组成。总体设计框图如图6所示。

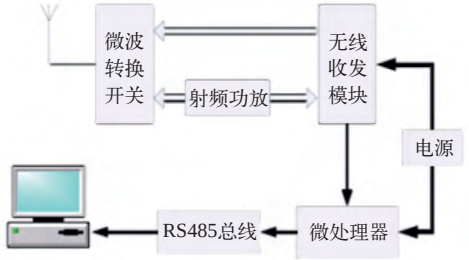

图6　低压侧接收端设计框图

串行通信标准接口RS485转换电路如图7所示。

上述高压侧发射端电路、低压侧接收端电路、RS485通信模块和上位机等，组成了本NSR－3590变电站无线测温在线监测系统的硬件部分。

变电站测温系统软件设计

变电站无线测温系统的软件包括硬件系统单片机的软件和上位机数据处理和显示监测的软件。硬件系统单片机软件是结合MSP430来进行设计，主要是完成单片机与温度传感器之间的通信、单片机和无线收发模块之间的通信以及单片机与上位机之间的通信；而上位机的软件采用公司已有的NS3000S变电站智能监控系统，对低压侧接收端电路传输来的温度数据进行相应的处理，实现温度的实时在线监测。

高压侧发送端软件完成对温度的采集和温度数据的无线传输，其主程序流程如图8所示。包括温度传感器DS18B20程序（见图9）、MSP430单片机系统程序、软件抗干扰措施程序、ZigBee无线传输模块等程序。

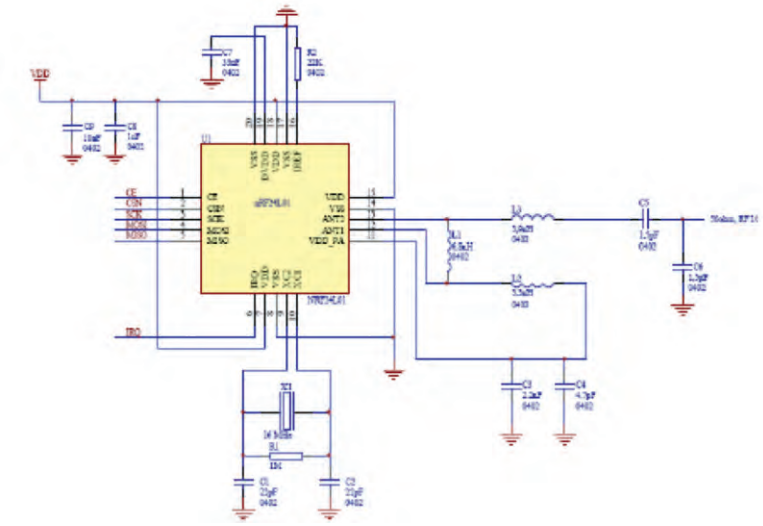

图5　nRF24L01无线收发传输电路原理图

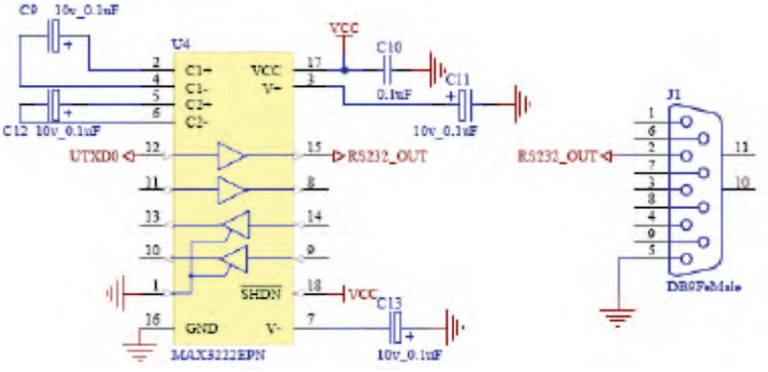

图7　RS485转换电路原理图

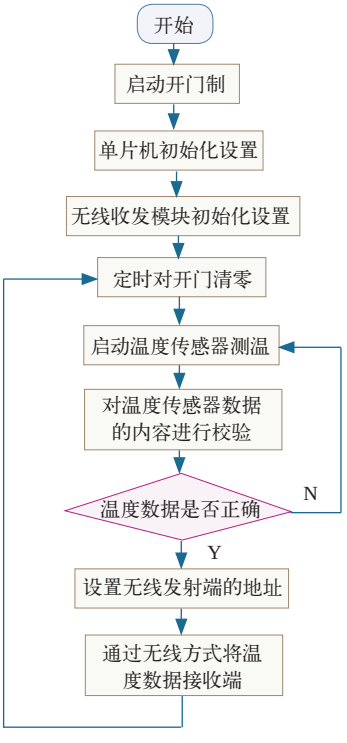

图8　高侧主程序流程

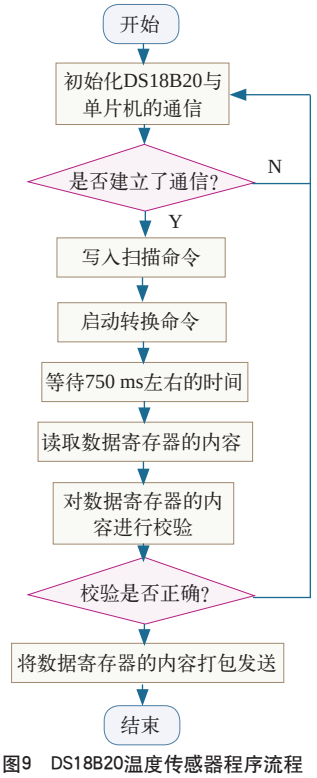

图9　DS18B20温度传感器程序流程

低压侧接收端电路系统软件的具体功能是接收高压侧无线传输的温度数据以及通过RS485接口与上位机之间以Modbus协议进行通信。如图10所示。

变电站无线测温系统的上位机监测系统软件的基于本公司已有的NS3000S智能变电站监控系统，主要工作是与低压侧接收端电路系统通信，通过Modbus协议的查询－回应模式读取高压开关柜待测点温度值，将该温度值进行相关处理后并显示，实现高压开关柜内的温度在线实时监测。

只有硬件和软件设计二者良好结合，才能让此无线测温系统实现其实时在线监测的目的。二者共同构成了NSR－3950系列变电站无线测温在线监测系统。

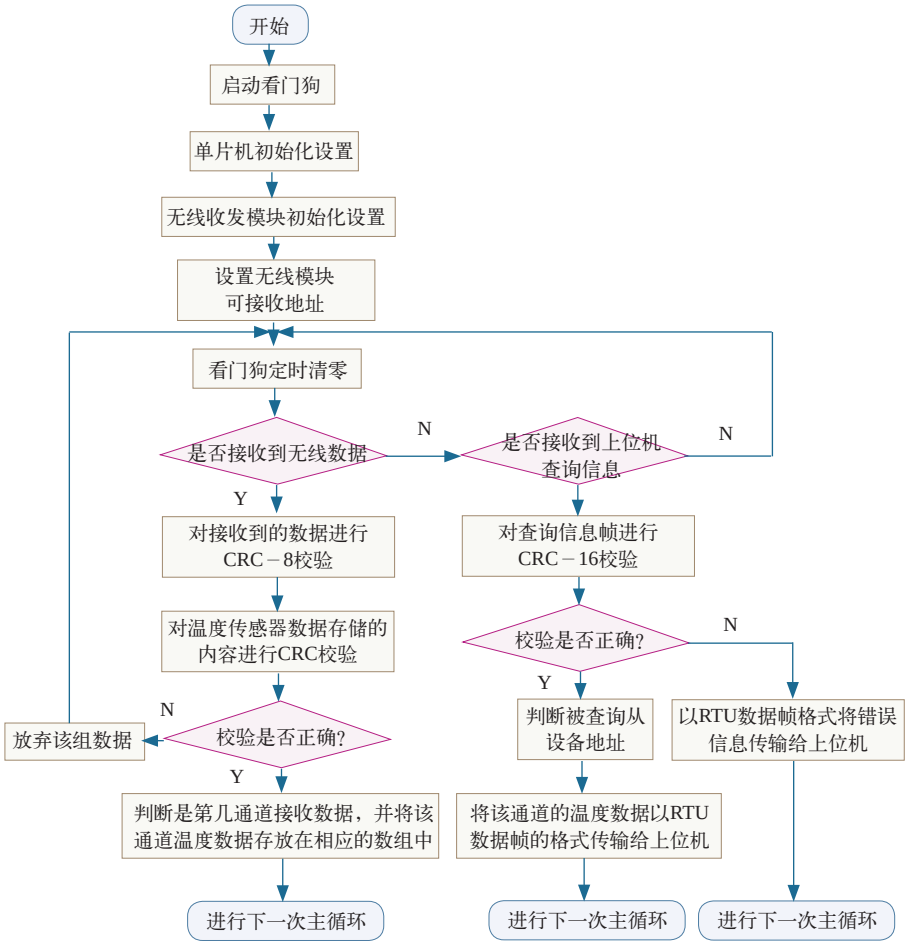

图10　低侧接收端主程序流程图

表4　某10 kV配电所无线测温系统配置表

序号	设备名称	型号	数量
1	上位机管理软件	NS3000S	1/套
2	低压侧接收装置	NSR3950	13/台
3	高压侧测温发送装置	NSR3950－WT	78/台
4	RS485集线器	PCM485	1/套
5	辅材	RTV胶，扎带等	1/套

变电站测温系统整体配置及测试

NSR－3950变电站无线测温在线监测系统，应按如下原则配置。

1）每个高压柜安装1台低压侧接收装置NSR3950。

2）每高压断路器标配6套高压侧测温发送单元NSR3950－WT，用于检测断路器各相断路器上、下静触头处的温度，共6个测温点；且最大可配置24个测温点。

3）其他部位，如母线连接处、电缆接头处等的测温点可根据用户需求自行安装。

以某10 kV配电所，2进线2母线8出线2PT柜1母联为例，配置如表4所示。

系统的测试是对系统在一定的环境里进行反复试验，并得出性能化的数据，只有通过不断的测试才能证明是否达到了前期的设计目标。

根据变电站无线测温系统所要达到的各项技术指标及各种行业标准，在某变电站做了整体配置，并制定了完善的测试方案。

1）速饱和供能CT工作情况测试。

2）6台高压侧发射端装置、1台低压侧接收端装置的组网以及性能测试。

3）系统测温校准。

4）无线传输距离测试。

5）系统老化测试。

通过给出的每个测试项目的具体测试结果表明，此测温系统满足设计要求，能很好的实现变电站无线测温在线监测。

结束语

基于上述研发的NSR－3950变电站无线测温在线监测系统，在某10 kV配电所投入运行后，根据测试实验的结果对此测温系统的性能进行分析，得出此测温系统能够满足设计要求的，实现了变电站无线测温在线监测。EA

（收稿日期：2015.05.22）
（编辑：杨得润）