[低压柜]

无线测温技术在抽屉式低压柜中的应用

文/刘法斌[1] 宋光兴[1] 严鼎[2]
1. 新疆心连心能源化工有限公司 2. 杭州休普电子技术有限公司

温度是表征电气设备稳定运行的重要参数，对电气一次回路接触电阻、元件稳定性和绝缘性等都有影响。特别是配电系统中大量存在的电缆接头点、开关的开合点和接插件的插接点等，因发热引发的电力系统故障，占整个电力系统故障的80%以上。传统的感温贴纸、测温枪和红外成像只能检测物体的外表面，针对在企业供配电系统中大量使用的高低压开关柜内部无法直接测量，尤其是抽屉式低压开关柜，由于其结构紧凑、回路集中、电流密度大、接头点多和间隔密闭等特点，发热隐患更大，无线测温技术逐渐受到关注。研究旨在探讨抽屉式低压柜内无线测温技术的应用。

抽屉式低压柜具有安全性高、检修维护方便等特点，在企业供配电中得到大量应用，负责将电能分配给各个用电设备。然而，由于抽屉柜内部环境的特殊性和复杂性，内部元件过热难以及时发现，是导致设备损坏和电气火灾的主要原因。为解决这一难题，无线测温技术应运而生。无线测温技术利用传感器、传输模块和接收模块等组件，实现对抽屉柜内各部件温度的实时监测。该技术具有实时性、准确性和便捷性等优势，适用于各种类型的低压配电柜。通过实时监测配电柜内各部件的温度，无线测温技术可以有效预防设备损坏和电气火灾，提高企业配电系统的安全性和稳定性。

技术背景

近年来国内外对电气接头的温度监测非常重视，目前关于高压测温的研究有不少案例。国外关于高压测温的有：①ABB的“SafeGuard”装置采用声表面波元器件作为温度传感器向外发送温度信号；②日本的光磁传感测温系统采用光磁传感器监测磁场变化来判断温度状况；③近年来兴起的红外成像测温采用成像技术和频谱分析方法来计算高压柜内的温度，还有采用电池的无线测温传感器采用RF射频技术来传输温度；国内也出现了光纤测温、红外测温等方式。

各种方案各有利弊，有的成本比较高，不利于推广，有的技术难度大，现场施工及维护比较麻烦，还有的数据传输可靠性有限。采用射频无线方式相对比较容易实现，成本和可靠性也具备一定的优势。但是比较难解决的就是传输距离和传感器供电问题。

环境能量采集（Energy Harvesting，EH）技术具有可循环、无污染和低能耗等优点，建立在微电子技术和微功耗技术的基础上，是近几年发展起来的一门新兴学科。涵盖了太阳能、风能、热能、机械能和电磁能采集等诸多方面，这些能量以光能、电磁和压电等形式被换能器件所吸收，然后注入能量收集管理单元，收集起来的能量可以用于传感器、低功耗微控制器或存储起来，这个过程叫微能量收集。能量收集技术上的突破使得以往处于概念阶段的“无电池”“半永久”应用场景成为现实，并且为绿色节能应用提供了更广阔的空间。

无线测温系统组成

系统主要由SPS061无源无线温度传感器、SPW2000F无线温度接收终端、监控后台和通信网络组成。系统组成如图1所示。

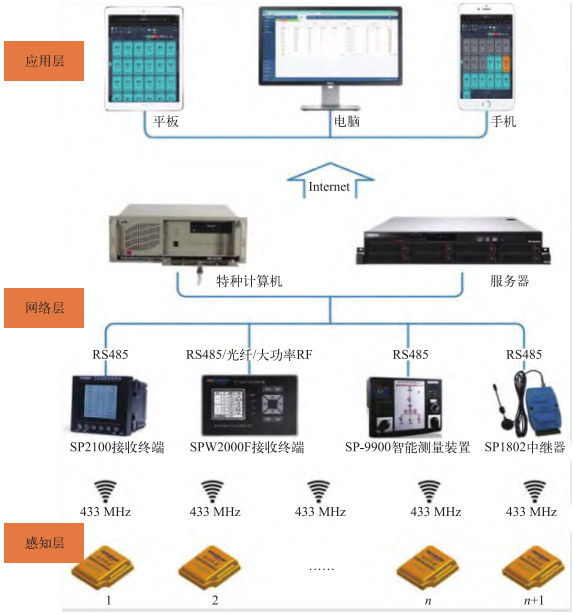

图1　无线测温系统组成

SPS061无线温度传感器

SPS061无线温度传感器采用EH、低功耗、无源、无线和射频通信等技术，具有可循环、无污染、低能耗、隔离彻底、安装方便、抗干扰能力强、工作可靠、体积小巧和无需维护等特点。传感器实时将采集到的温度通过射频（频段433 MHz）通信，传输到SPW2000F无线接收终端，实现实时、准确的温度测量，很好地解决抽屉柜内高电压状态下电气接点的温度测量问题。技术参数见表1。

表1　SPS061无源无线温度传感器技术参数

工作环境	−25～125 ℃<99%RH
工作频段/MHz	433 (免申请)
发射功率/dbm	13
通信速率/kbit/s	10
传输距离/m	≤250(空旷距离)
测温方式	接触式
测温范围/℃	−25～+125
测量准确度/℃	+1.0
供电方式	电磁能收集（母线电流5～5 000 A）
测量间隔/s	5
发送间隔	5～100 s，温越高或突变，发送间隔时间越短
使用寿命/年	10

SPW2000F无线温度接收终端

SPW2000F无线温度接收终端主要用于无线温度信号接收、通信组网和现场温度数据显示。接收终端一般安装在测温现场，如配电室、厂房内等，用于接收传感器的温度信号，并在屏幕上显示，用户可以实时查看每个传感器检测的温度、实时曲线和历史曲线，并能设置声光报警功能，及时提醒巡检维护人员。技术参数见表2。

表2　SPW2000F无线温度接收终端技术参数

RF 工作频段/MHz	433
RF灵敏度/dbm	-110
RF传输距离/m	<200
电源输入	AC 220 V±20% DC 110～220 V
最大功耗/W	<3W
RS 485 通信距离/m	<1200
RS485通信信速率/bit/s	2 400～9 600，默认 2 400
LCD 显示	3.5’FSTN 液晶显示
分辨率	160×160
传感器接入数量/只	9
实时温度显示	有
通信信道设置	有
传感器ID设置	把
声光报警	格
报警输出节点	有
报警阀值	可设
外形尺寸/mm	105×96×96
安装方式	嵌入式

监控后台

监控后台安装有数据库，作为远程温度监控终端，通过RS 232端口与接收终端连接，接收温度数据。后台进入登录界面后，有概要图、详细图、曲线图和后台管理等界面。通过概要图可一眼分辨传感器信息，如蓝色指示温度正常，灰色指示传感器故障，黄色指示温度超上限，红色指示超上上限，当传感器数量较多时，此界面非常方便。详细图可一眼观测当前界面传感器的所有详细实时信息，包括测量位置信息、实时温度值、最后一条数据上传的时间和产品的ID编号等。通过曲线图，可直观看到传感器温度变化趋势，有效预防可能出现的温度异常情况。通过历史曲线图，可查看对应传感器的历史温度数据，综合历史值和当前的温度值可有效作出当前位置温度的可靠分析报告。通过后台管理界面，可设置更多的相关参数，如项目分布管理、

查询管理、权限管理、基础数据管理、传感器的ID编号位置信息编辑和报警温度阈值设置等。

现场安装

为了降低维修费用和检验运行效果，考虑先在负荷比较重要的配电室抽屉柜内安装试用无线测温装置。结合生产工艺，依据设备分级管理情况，讨论确定在空分配电室、尿素配电室、装置配电室和煤浆制备配电室共40个回路303个点位安装无线测温传感器，利用年度大修停电时实施。安装流程如图2所示。

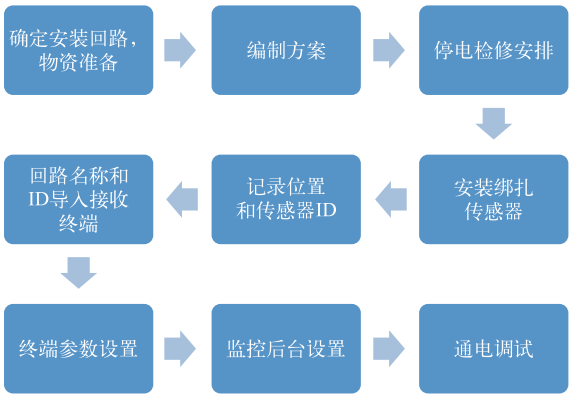

图2　无线测温系统安装流程图

注意事项

为确保无线测温装置稳定运行，准确测量，安装时需注意以下问题：

1）无线温度传感器的ID编码必须与导入接收装置的ID编码一一对应，否则无法测量和显示温度。

2）无线温度传感器安装前应进行测试，避免故障传感器安装到现场，送电带负荷后无法停电检修。

3）无线接收装置尽可能靠近无线温度传感器安装，保证无线传输信号稳定，同时应选择方便维护人员查看的位置。

4）无线温度传感器绑扎固定位置尽可能靠近接头部位，传感器的金属面与测温部位紧贴，确保传感器测量数据准确。

5）将无线温度传感器的绑带紧固绑牢，多余端头应进行处理，防止发生尖端放电和影响相间及对地绝缘距离。

6）抽屉柜插头部位绑扎的温度传感器，不能影响抽屉的抽插操作。

运行效果

配电室检修结束投运后，凡是安装有无线测温传感器且送电运行的回路，在接收终端和监控后台上都能查看接点温度，并能提供温度异常报警，使运行维护人员及时掌握设备运行情况，及时发现和排除隐患，避免非计划停电事故发生。

2023年9月23日13:00左右，变电站值班工发现无线测温监控后台有报警声音，经查发现空分配电室2#液氮泵变频器电源抽屉内出线侧C相温度高达60 ℃，且有上涨趋势，AB相温度在40 ℃左右。立即通知维修电工到空分配电室进行检查，发现配电室无线温度接收终端也在报警，同样是2#液氮泵变频器电源抽屉出线侧C相温度高报警。由于无法停电检修，现场立即采取临时措施，对2#液氮泵变频器电源抽屉回路进行通风降温，温度逐步稳定在50 ℃左右，后期伺机进行停电处理。

结束语

无线测温是一种测量准确、安全可靠和安装简便的温度测量技术。采用先进的能量采集技术、传感器技术和独特的无线通信技术进行高电压隔离和信号传输，利用固有的绝缘性和抗电磁场干扰性能，从根本上解决了配电柜内电气接点、动静触头和接插件运行时温度不易检测的难题。EA

（收稿日期：2024-04-04）

参考文献

[1] 陕西南梁矿业有限公司．一种配电室低压配电柜及变压器无线测温系统及其操作方法：CN202011627153.0[P]．2021-04-06．

[2] 海宁市引领知识产权咨询服务有限公司．一种高低压配电柜无源无线测温安装结构：CN201820823777.1[P]．2019-04-09．

[3] 兰州中联电子科技有限公司．一种高低压配电柜无源无线测温安装结构：CN201820784772.2[P]．2018-12-14．

[4] 刘明琦．矿用低压配电柜温度监测系统设计[J]．煤矿安全，2019，50(9)：106-108．

[5] 李梅．中国石油和化工标准与质量[J]．低压配电柜温度监测系统设计研究；2019，39(24)：62-63．