

## 基于 ZIGBEE 技术的高压开关柜温度在线检测系统介绍

上海悦动电子科技有限公司

### 1. 高压开关柜实行温度在线监测的必要性：

高压开关柜作为电力系统中非常重要的电气设备。现代电力系统对电能质量的要求越来越高，相应地对高压开关柜的可靠性也提出了更高的要求。随着电网的发展和设备技术的提高，10，35kV 系统开关柜在电网中已大量使用。而开关柜的内部过热现象已成为开关柜使用中的常见问题，由于开关柜体的密闭性，在一些负荷较重的地区，存在开关柜的温升超标问题。开关柜的温升超标，直接影响设备的安全稳定运行，而且，过热问题是一个不断发展的过程，如果不加以控制，过热程度会不断加剧，并对绝缘件的性能及设备寿命产生很大的影响。目前，对电力系统内部使用的开关柜，严格遵守设备采购程序及技术政策，确保入网的开关柜都通过型式试验，尤其对温升的要求比较严格。运行中，负荷通常都不会达到开关柜的设计满容量，开关柜的温升问题应该不会很突出，但是实际情况并不尽然。开关柜内部实际温升情况，尤其是母排连接等部位，通常总是比型式试验测出的数据高。

### 2. 高压开关柜温度过高的几点原因：

(1) 试验测得数据通常在试验室完成，持续时间不长，一般不超过 8h，不具备温升累积效应，不能等同于长期运行并持续发热的设备。

(2) 不同金属的膨胀效应不同。钢制螺栓的金属膨胀系数要比铜质、铝质母线小得多，尤其是螺栓型设备接头，在运行中随着负荷电流及温度的变化，其铝或铜与铁的膨胀和收缩程度将有差异而产生蠕变，也就是金属在应力的作用下缓慢的塑性变形，蠕变的过程还与接头处的温度有很大的关系。实践证明，当接头处的运行工作温度超过 80 时，接头金属将因过热而膨胀，使接触表面位置错开，形成微小空隙而氧化。当负荷电流减小温度降低回到原来接触位置时，由于接触面氧化膜的覆盖，不可能是原安装时金属间的直接接触。每次温度变化的循环所增加的接触电阻，将会使下一次循环的热量增加，所增加的温度又使接头的工作状况进一步变坏，因而形成恶性循环。

(3) 连接部位紧固螺栓压力不当。部分安装或检修人员在导体连接上认为连接螺栓拧得愈紧愈好，其实不然。特别是铝质母线，弹性系数小，当螺母的压力达到某个临界压力值时，若材料的强度差，再继续增加不当的压力，将会造成接触面部分变形隆起，反而使接触面积减少，接触电阻增大，从而影响导体接触效果。

(4) 选用的导体材料电导率不满足要求，多数属于导体原材料纯度不够。

(5) 现场的其它因素，比如可能存在安装检修工艺不当，如母线在加工、连接、安装过程中，对母线接触表面处理不到位、不平整、不光滑、没有涂专用电力脂等，导致有效接触面积减少接触电阻增大而发热。

现代社会对电能的依赖性极高，用电密度越大的地区对电的依赖性越高，因而对供电设备的可靠性提出了越来越高的要求。做为目前普遍使用的小车式开关柜由于断路器与开关柜之间采用插头联接，当小车与开关柜因制造、运输及安装不良等都将引起触头接触不良，接触电阻增大，出现触头温升过高，甚至烧毁停电，这些现象在大电流开关柜如进线柜上尤为突出，且影响极大。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，造成设备过热甚至出现严重事故。而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。无线测温系统是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，自动远程报警，以便及时消除事故隐患。为避免此类事故的发生，开发一种能即时监测触头温升的装置显得非常迫切(国外已有个别公司开发了这类产品)。

### 3. 现有方案的比较

#### (1) 普通测温

常规的热电偶、热电阻、半导体温度传感器等测温方式，需要金属导线传输信号，绝缘性能不能保证。我们的无线测温系统具有优异的绝缘性能，能够隔离开关柜的高压，因此能够直接安装到开关柜内的高压触点上，准确测量高压触点的运行温度。

#### (2) 红外测温

红外成像仪无法透过柜门测量内部设备，开关柜运行时必须关闭柜门，导致红外方式无法测量。我们的无线测温系统温度传感器直接安装到带电物体的表面，可在封闭的柜体内直接测量设备温度后，以无线方式传出。

#### (3) 光纤测温

光纤式温度测温仪采用光纤传递信号，其温度传感器安装在带电物体的表面，测温仪与温度传感器间用光纤连接。光纤具有易折，易断、不耐高温。积累灰尘后易使绝缘性降低，且在柜内布线难度较大，造价高。

我们的无线测温系统没有复杂的引线，完全绝缘，造价低廉。

### 4. 我们的方案的产品组成

- 高压感应电源



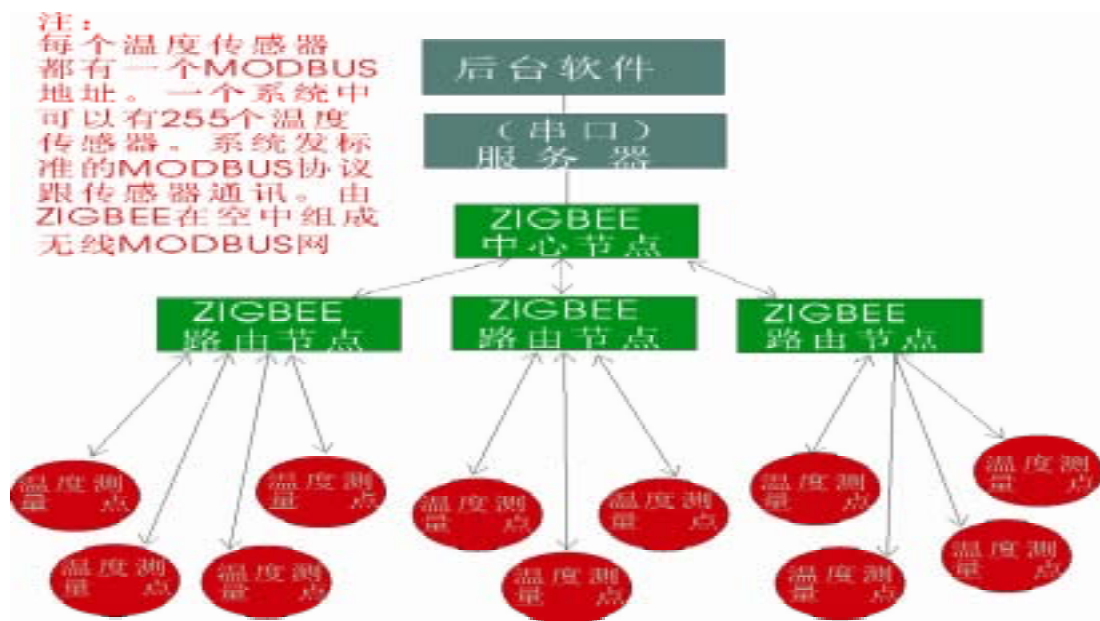
- 温度测量电路及无线通信电路



- ZIGBEE 无线接收模块



· 后台软件



系统示意图

### 5. 软件简介

1. 可将采集到的温度数据按所属变电站、开关柜以及线路进行分别显示，方便工作人员对每一级的情况进行掌控。还可将采集到的温度数据以 web 的形式发布，供企业内部参考使用。
2. 设有温度报警阈值。如采集到的温度数据高于此报警阈值，则在客户端弹出报警窗口，提示工作人员采取必要措施。也可直接以短信通知相关人员。
3. 具有直接显示实时温度数据和最高温度数据的功能，也可查询某个时间段的历史数据，并绘制曲线，以图形化的方式反映状态量的变化情况。整个软件简单明了，直观方便，并具有电子地图、时间跟踪及打印功能，记录、备份十分方便。
4. 可通过软件调节下位机和温度传感器的温度报警阈值和测量时间。

### 6. 技术特点分析

实时监测高压开关柜内接点的运行温度，可确定触点接头处的过热程度，当发生超温时，系统就会发出报警指示。温度传感器被安装到开关柜内的带电触头上，测温通信终端负责收集开关柜内所安装的温度传感探头的温度数据，并将所收集的数据通过 MODBUS 总线网络传到上位管理机，通过上位计算机中的软件对所接收到的温度数据进行分析，发现超过警戒的温度或探头故障则即时报警。采用先进的数字化及无线传输技术，独特的绝缘性能，使用方便经济。无线传感器内部经过特殊工艺处理，温度参数变化通过无线传输方式到测温通信终端。接收到的温度信号准确可靠。无论是安装、运行、维修都会高度安全、可靠。不会对一次设备产生任何干扰和影响。标准化设计，可方便扩展与其它系统互连，费用低廉，安装灵活。从温度信息采集到数据处理、显示、通信自成系统，可与电力系统综合自动化系统相连接，也可和电力系统的局域网、广域网相连接，融入电力自动化综合控制系统。

1) **高压隔离**：实现高压设备在线监测，首先要解决高压隔离问题。一般来说，解决这个问题有两个途径：一是通过空间隔离，另一是通过光纤隔离。空间隔离，信号可由光传送或无线电传送，本系统采用无线信号传送，它具有隔离彻底、结构简单、抗干扰能力强、工作可靠等特点。而通过光纤隔离存在着沿面放电问题，需要有较长的沿面爬电距离。

2) **抗干扰措施**高压开关柜运行在高电压、大电流的状态，系统事故瞬间还出现强烈的电磁暂态过程，这些都产生强电场、磁场及强电磁干扰，这对于微电子系统及微弱信号处理非常不利。为消除这些干扰，同时采用各种抗干扰技术：

- 1) 在软件设计上应用数字编码、解码技术，剔除干扰信号，并使用了软件滤波技术
- 2) 在硬件上采用金属屏蔽，加强各级滤波消除高频干扰。检测器与测温点处于同一电位，减少电场的影响。
- 3) 采用 ZIGBEE 无线技术。ZIGBEE 是一种搞可靠地无线通信方式：

#### 物理层 RF 通信链接

- ◆ 直序扩频采用高处理增益(DSSSS)
- ◆ 明晰的信道检测
- ◆ 对干扰能量进行检测
- ◆ 采用跳频技术 Frequency agility.

#### 软件协议抗干扰措施

- 基于 CRC 的误码检测/校正

- 采取了避免冲突的策略 CSMA/CA
- 为固定带宽的通信业务预留了专用的有保证的时隙
- 发送的数据包都有待于接受方的确认，如出现问题进行重发
- 保持数据包的及时传输 Packet data freshness

3) **供电方式**：为消除强电场的影响，温度检测器与测温点处同一高电位，检测器工作电源不能从外部供给，只能由内部产生，为此，在主导电回路上安装一感应线圈作为电源。但由于开关柜工作电流变化很大，一般可达十几倍，为保证感应线圈能提供较为稳定的电源，利用铁芯磁饱和原理，适当选择铁芯截面，小电流时铁芯正常励磁，大电流时铁芯饱和，从而提供了变化幅度较小的电源，再通过电子稳压装置，向检测器提供稳定可靠的电源（正常工作范围 30A-2000A）。

4) **每个温度探头具有唯一的 ID**：当无线传感器发送被监测点温度的同时，把其自身的编号（ID 号）也传输出来，这些数据最终被传输到计算机时，计算机根据事先在数据库中保存的传感器编号与安装地点关系，自动确定各监测点的温度。这一特点非常适合变电站具有大量监测点的应用，提高了系统的自动化程度，减轻了人工测温时的繁琐手工记录工作。（2）无线温度数据传输传感器与测温终端之间采用无线连接，不需要在复杂的电网环境下增加额外的线路，既方便了系统的安装与维护，又减少了对电网安全运行的影响，使系统的安全性、灵活性得到极大提高。

#### 5) 每天 24 小时连续在线监测

传感器每隔一定时间（可以事先设定）主动及轮询测量监测点的温度数据，计算机实时收集并记录所有监测点的温度数据，发现异常立即报警。解决了试温片、红外等测温方法需要人工到现场巡视、扫描造成延误而引起的故障。

#### 6) 系统具有趋势分析功能

对每个监测点测得的温度数据作长时间保存记录，并实时进行分析。对温度变化呈现逐步升高的监测点，在温度没有达到上限值之前，事先进行预警，把故障消除在萌芽状态。