

The Design for High-Voltage Cabinet Hot Spot Temperature Monitoring System Based on Zigbee Technology

LIANG Ming ^{1,2}, SUN Huanyu ^{1,2}, HANG Xin ¹, ZHANG Jing ¹

1 RCIEPT, North China Electric Power University, Beijing, China

2 ZHONGBO Info-Science (Beijing) Technology Co.Ltd., Beijing, China

1. Email: shyabc999999@sina.com, 2. Email: support_rciept@163.com

Abstract: The temperature of the high-voltage switchgear cabinet joints is an important parameter which reflects the running status. Through the measurement and supervisory control of the joint temperature, we can understand the insulation aging condition, assess the working status accurately, discover hidden faults. In view of the need for temperature monitoring of high-voltage switchgear and the characteristics that its internal layout does not allow additional cable, the author designed the new high-voltage cabinet hot spot temperature monitoring and early warning system based on Zigbee technology that can discover hidden dangers and improve safety and reliability of power grid.

Keywords: wireless communication technology; high-voltage cabinet; cable connector; temperature monitoring; Zigbee technology

基于 Zigbee 的高压箱柜热点温度监控系统的设计

梁 明 ^{1,2}, 孙环宇 ^{1,2}, 杭 鑫 ¹, 张 静 ¹

1 华北电力大学信息电力研究中心, 北京, 中国, 102206

2 中博信科(北京)技术有限公司, 北京, 中国, 100085

1. Email: shyabc999999@sina.com, 2. Email: support_rciept@163.com

【摘要】 高压箱柜开关设备接头的温度是反映其运行状态的重要参数。通过对接头温度进行测量和监视, 可以了解其绝缘老化情况、准确评估其工作状态、及时发现其故障隐患。针对高压开关柜温度监测的必要性及其内部不允许布置额外的电缆线等特点, 本文设计了一种基于 Zigbee 技术的新型高压箱柜热点温度监测与预警系统, 该系统可以及时发现安全隐患, 提高电网运行安全可靠性和。

【关键词】 无线通信技术; 高压箱柜; 电缆接头; 温度监测; Zigbee 技术

1 引言

近年来, 发电厂和变电站已发生多起由于高压箱柜过热造成的火灾和大面积的停电事故。发电厂和变电站的高压开关柜是电力系统重要的电气设备。在设备长期运行过程中, 开关柜中的触点和母线排连接处等部位(以下统称为易过热点)因老化或接触电阻过大而发热, 而这些发热部位的温度无法监测, 最终导致火灾事故, 造成重大的经济损失。因此, 客观的分析解决高压箱柜过热的原因, 有效的针对高压箱柜温度进行监测以防止此类事故发生将对提高企业或单位的安全性有着积极和深远的影响。

引起开关柜故障, 导致火灾的主要原因是触头问题。在电力高压箱柜中, 开关柜触点是电力系统安全运行中最薄弱的环节。对多次事故进行分析, 结果显示: 从触头过热到事故的发生, 有一个较长的过程。为防止开关柜火灾的发生, 需要在运行中加强开关柜触点温度的监测, 及时判断故障点, 把故障消灭在萌芽状态。但由于开关柜内空间狭小的结构, 不便进行人工巡查测温, 机电设备在运行时往往不允许人员靠近。因此, 实现温度无线监测是保证高压开关柜安全运行的重要手段。Zigbee 技术的出现为设备数据的有效传输提供一个有利的工具^[1]。

2 高压开关柜无线温湿度监测系统的实现

ZigBee 无线网络技术是一种近距离、低复杂度、低数据速率、低功耗、低成本的双向无线通信技术,其数据传输速率在 10~250 kb/s 之间^[2,3],两个网络节点之间的单跳距离为 10~75 m,射频发射功率低,再加上处理器支持多种休眠模式。一节普通容量的锂电池能保证网络节点正常工作 1~3 年,成本低,网络节点容量大,具有自组网,自动路由和自愈功能,且工作在 2.4 GHz 的免执照频段^[4]。它是实现高压开关柜无线温湿度监测系统的理想解决方案。

如前面所分析的,结合开关柜的内部特征,对于温度的测量,拟采用温度传感电路获取易过热点温度信息,然后采用无线方式(Zigbee)进行数据传递。

一个中小型变电站内一般就有多达十几个开关柜,而且分布可能比较分散。因此,本方案考虑以每个开关柜为一个单位,进行数据的集中处理以及和 SRW 数据交换机进行信息通信,从而实现与专用信息处理机的通信。该系统采用近距离无线通信芯片 CC2430,结合其他系统电路,分别内置于每个开关柜处理模块中,将采集到的电缆接头处的运行温度数据,通过近距离无线方式与 SRW 数据交换机之间进行数据通信,然后再将数据通过 RS232 总线传输到监控专用信息处理机上。结合高压开关柜中高压隔离的实际情况,本设计选择了 TI 公司的 CC2430 近距离低功耗无线通信芯片,用以实现监测终端与 SRW 数据交换机之间的数据通信。

2.1 系统整体结构介绍

该高压箱柜热点温度红外监测与预警系统由微型箱柜 SRW 红外温度监测终端、SRW 数据交换机组成。以每个高压柜内 6 个测温点为例,把六个测温探头安装固定在一个高压箱柜上,通过耐高温屏蔽电缆把所测的温度相关信号均传送到相应的处理模块中,采用针对电力系统自动化专门研发的短距离无线通信(SRW)系统及专用规程,通过 SRW 数据交换机将各个微型箱柜 SRW 温度监测终端与监控工作站中的信息处理机相连接。

2.2 系统功能介绍

(1) 微型箱柜 SRW 温度监测终端

微型箱柜 SWR 温度监测终端是该监测系统中

最重要的组成部分,用于高压箱柜热点监测,由 6 个专用微型温度传感器 SHT71 和处理模块组成。这六个温度传感器负责采集高压箱柜内相应区域的温度信息,由处理模块对这些数据信息进行分析、计算和处理,用液晶屏轮回显示六个区域的温度值。处理模块中内嵌无线通信模块 CC2430,通过无线方式将处理结果与 SRW 数据交换机相通信,接受监控工作站的专用信息处理机中的监测。

(2) SRW 数据交换机

SRW 数据交换机用于各个微型箱柜 SRW 温度监测终端的数据轮巡无线采集,并与监控专机处理机进行无线通信。SRW 数据交换机由 SRW 模块和接口模块组成。

2.2.1 硬件设计

本文提出的高压开关柜无线温湿度监测系统的微型箱柜 SRW 温度监测终端的硬件设计基于 TI 公司推出的符合 ZigBee 技术标准的 CC2430 芯片。射频部分的原理图设计在典型电路的基础上做了少量修改。考虑到系统工作在高压大电流环境,为避免引起尖端高压放电,网络节点采用印刷电路板天线或者陶瓷天线。ZigBee 网络包括协调器、路由器和终端节点 3 种网络设备^[5]。终端节点带有温湿度传感器,是主要的感测节点,放置在高压开关柜内。开关柜内往往不允许布置额外的电缆,同时终端节点支持休眠模式,因此采用电池供电。协调器和路由器节点因为需要给其他网络节点提供路由传递数据报功能,因此采用市电供电,使协调器和路由器节点永远处于工作状态。

系统的温湿度检测采用瑞士 SENSIRION 公司推出的基于 CMOSens 技术的新型数字式温湿度传感器 SHT71。它是一款将温湿度传感器、信号放大调整器、模/数转换器和总线接口全部集成在一个芯片上的单片全校准数字输出传感器,可以提供-40~120 范围内分辨率为 14 b 的温度测量以及 0~100%范围内分辨率为 12 b 的湿度测量^[6]。SHT71 采用串行接口与微处理器相连,它的串行时钟输入线 SCK 和串行数据线 DATA 直接与微处理器 CC2430 的通用/输出口线相连,电路原理图如图 1 所示。微处理器读出测量值后,可根据式(1)、式(2)计算出相对湿度和温度值^[7]:

$$RH_{linear} = c1 + c2 \times SORH + c3 \times SO2RH(1)$$

$$Temperature = d1 + d2 \times SQT(2)$$

式(1)是相对湿度的计算公式,是微处理器读到的湿度值,参数的值如表 1 所示。

Table1 Results of standard test system data

表 1. 标准试验系统结果数据

SO _{RH}	C ₁	C ₂	C ₃
12 b	-4	0.0405	-2.8*10 ⁻⁶
8b	-4	0.648	-7.2*10 ⁻⁴

式(2)是温度的计算公式,是微处理器读到的温度值,参数的值如表 2 所示。

Table 2 Temperature conversion factors

表 2 温度转换系数

SOT	d ₁ /°C	d ₂ /°C
14b	-39.60	0.01
12b	-39.60	0.04

终端装置的硬件结构框图如图 1 所示。

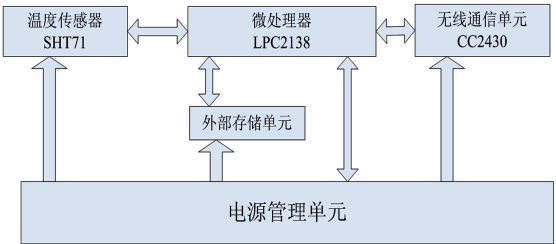


Figure1 Block diagram of terminal hardware

图 1 终端装置硬件结构框图

2.2.2 软件设计

系统软件的设计方式采用模块化结构程序,采用 C 语言编写。软件模块包括:数据发送模块、数据接收模块、串口模块、SPI 通信模块和中断模块。实现 ZigBee 节点的无线通信就是要实现数据的发送和接收,使节点的数据进行交换。在通信前要对 CC2430 进行初始化,即由 LPC2138 通过 SPI 向 CC2430 的一些寄存器赋值。发送和接收程序流程分别如图 2 和图 3 所示。

3 系统特性

3.1 系统的特点

(1) 安装方便,适应性好:系统采用无线通信方式来传输测量数据,单个的终端装置之间相互独立,且体积小,安装方便;外壳设计具有防爆、防潮、抗干扰能力强等特点,能够满足在地下各种恶

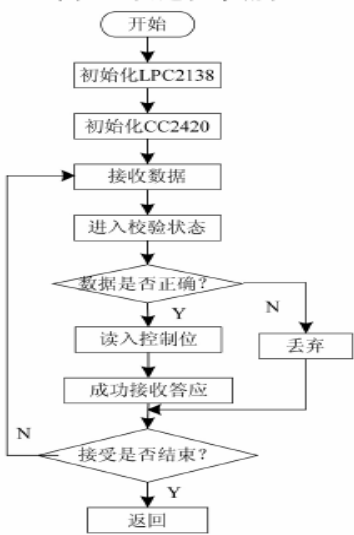


Figure2 Process of sending program

图 2 发送程序流程

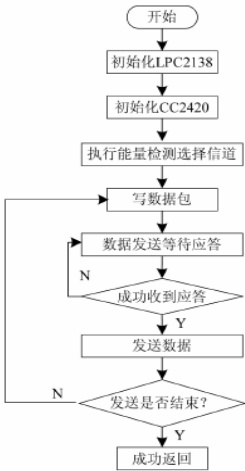


Figure3 Process of receiving program

图 3 接收程序流程

终端装置的软件结构框图如图 4 所示。

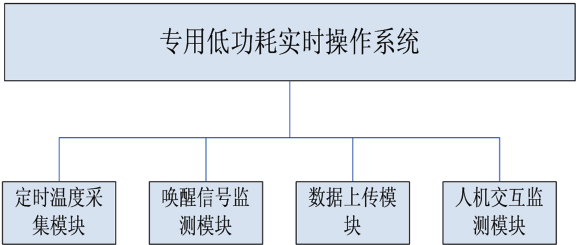


Figure4 Block diagram of terminal device software

图 4 终端装置软件结构框图

劣工作环境;系统的分散型结构能适应电力线路的改变,能够胜任多个高压开关柜的温度监测任务。

(2) 操作使用容易:线路巡检人员通过人机交互界面就能即时获取电缆接头温度,同时能判断电缆线路的运行状态是否正常。在记录数据的同时就能分析出可能的故障隐患点,给出早期预警信号。

3.2 系统的主要性能指标

- 采用低功耗设计,电池使用寿命可达一年以上,维护费用低。
- 每个终端装置信号功率覆盖半径最大为50m。
- 巡检仪与终端装置建立链路所需时间<50ms。

4 结束语

本文所提出的高压箱柜接头故障监测与诊断系统较好地克服了同类系统的铺设难、成本高、难以维护等问题,能够提高高压箱柜运行的可靠性,有效地避免电缆火灾,提供有力的保障。基于无线传感器网络系统 Zigbee 的设计思想,使其具有安装设置方便、适应性好、便于操作和维护等特点,具有较好的经济性,有着广泛的应用前景。

References (参考文献)

- [1] Qu Lei, Liu Shengde, Hu Xian Bin. ZigBee technology and application [M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2007.
瞿雷,刘盛德,胡咸斌.ZigBee 技术及应用[M].北京:北京航空航天大学出版社,2007.
- [2] Zhou LiGong, Zhang Hua. Easy to learn ARM7 [M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2005.
周立功,张华.深入浅出 ARM7[M].北京:北京航空航天大学出版社,2005.
- [3] Sun Yanwei, Gao Zhongsheng, Du Dongping. Power Cable Joints Temperature Monitoring System, Energy Technology, 2004 (2): 90-91
孙彦伟,高忠升,杜东平,电力电缆中间接头温度监测系统的应用,能源技术,2004(2):90-91.
- [4] Liu Wenfeng, Qiang Fu. The SoE performance test comparison for several distributed control system [J]. Central China Power, 2005 (6):35-38.
刘文丰,傅强.几种分散控制系统的 SoE 性能测试比较[J].华中电力,2005(6):35-38.
- [5] Wang Hongzhe, Wang Rongmao. The research for improving the information authenticity of SoE. [J]. Northeast Electric Power Technology, 2005 (2) :25-28.
王洪哲,王荣茂.提高 SoE 信息真实性的探讨[J].东北电力技术,2005(2):25-28.
- [6] Chen Jiming. The exploitation for Power System Fault Recorder Based on LabWindows / CVI [J]. Instrument Technique and Sensor, 2004 (4): 8,26.
陈继明.基于 LabWindows/CVI 的电力系统故障录波器的开发[J].仪表技术与传感器,2004(4):8,26.
- [7] Zhang Chongming, Qu Xinghua. The Design and Implementation for SoE Virtual Instrument System based on PLC's [J]. Manufacturing Automation, 1999 (10) :26-28.
张崇明,曲兴华.基于 PLC 的 SoE 虚拟仪器系统的设计与实现[J].制造业自动化,1999(10):26-28.