

文章编号:1001-1609(2006)03-0225-03

基于蓝牙的断路器触点和母线温度在线监测系统

邓本再, 胡 涛

(长沙理工大学, 湖南 长沙 410076)

On-line Monitoring System for the Temperature of the Contact of Circuit Breaker and Busbar Based on Bluetooth Technique

DENG Ben-zai, HU Tao

(Changsha University of Science and Technology, Changsha 410076, China)

摘要: 介绍了利用蓝牙技术组成变电站高压断路器触点和母线温度监测的微微(Piconet)网系统,采用接触式测量方法把高电位点的设备温升转换成无线信号直接传送到监控中心主控计算机。给出了系统的硬件电路结构原理,PC、单片机与蓝牙模块 HCI 接口的软件实现方法。

关键词: 断路器; 母线; 蓝牙技术; 在线监测; 温度

中图分类号: TM561; TP277 **文献标识码:** A

Abstract: A monitoring pico-net, which is made up of the circuit breaker contact monitoring system and the bus temperature monitoring system based on bluetooth technique, is introduced in this paper. Using the contact-type method of measuring, the equipment temperatures in high potential are converted to wireless signals, which are transmitted to the center monitoring main-controlled computer directly. The systematic hardware circuit construction principle and the software realized methods of PC, SCM and Bluetooth module HCI interface are proposed.

Key words: circuit breaker; busbar; bluetooth technology; online monitoring; temperature

1 引言

据统计,电力变电站发生事故原因中有相当部分与过热有关,产生过热的主要设备有高压断路器触点和载流母线等。温度在线监测可及早发现过热现象防止事故发生。由于运行中的载流母线、高压断路器等都处于高电位,因此对其进行温度监测的装置必须满足高压运行规范;并应使测试设备安装、调试方便,且信息传输通道安全、可靠和准确。

目前国内用于温度在线监测的主要方法^[1-4]有:

①在电接触表面涂一层随温度变化颜色的温敏材

料,通过观察其颜色变化来大致确定温度范围,该方法准确度低、可靠性差,不能进行定量测量。②利用红外测温仪^[5],它能测量 0~200℃ 之间温度,基本误差为 $\pm(1\% \times t + 0.5\%)$,准确度较高,但由于需要光学器件,在电力变电站室外场合使用不太方便,而且价格较高,推广应用有一定困难。③采用光纤传感器提取发热点温度,此方法避免了高低电压转换,不受电磁场干扰,但需要从被测点牵引信息传输光纤。针对以上问题笔者提出采用简单易用的半导体温度传感器,运用蓝牙技术通过无线传输方式直接将被测点温度值传输到控制中心由计算机处理,实现点对多点的温度在线监测。

2 系统硬件设计

采用蓝牙技术,电力变电站的高压断路器触点和母线温度测量系统在硬件结构上被分为 2 大部分:①紧贴在电力设备温升点部位的微型一体化结构的温度检测单元,它包含了集成温度传感器 AD7418、单片机、单元供电电源和蓝牙从模块;②放置在变电站控制中心的监控计算机、RS232 接口和蓝牙主模块。每个温度监测点安装一个检测单元,所有单元分别通过各自的蓝牙 ACL 链路和监控中心计算机进行信息交换,组成一个蓝牙微微(Piconet)网,实现点对多点温度监测,见图 1。

温度检测单元的温度测量选用内嵌 10 位 A/D 数字集成温度传感器 AD7418,测温范围 -55~+125℃。测量时检测单元紧套贴母线或触头导电铜板安装,由传感器导热板将母线或触头温度传导给 AD7418,AD7418 将连续的温度变化量转换成对应的数字量。通过芯片的 I²C 通信接口直接与 P87LPC768 单片机的 I²C 通信接口连接,实现数据

收稿日期:2006-02-20

基金项目:湖南省教育厅资助课题。

作者简介:邓本再(1956-),男,副教授,主要从事电力系统自动测控技术研究。

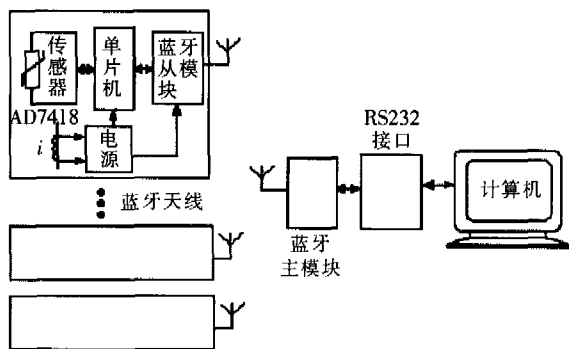
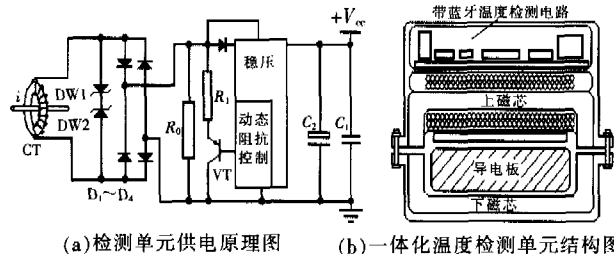


图 1 温度检测系统结构图

的输出、芯片的测量配置和控制信息的输入。单片机用通用串行通信口与 ROK101 008 芯片蓝牙从模块直接实现 UART 接口^[6-8],通过 HCI 接口编程对蓝牙从模块进行初始化和配置,并实现与蓝牙主模块的 ACL 链路建立,接收蓝牙主控机发来本机的控制命令和控制参数,向蓝牙主控机传回温度采样数据。

检测单元的供电电源。由于系统高电压条件限制不便于拖电缆输送电能。根据断路器触点和母线的温度升高有电流流过特征,可以采用电磁感应原理直接从断路器触点导电板或母线上获得检测单元的低电压电源。方法是设计一个能方便套在触点导电板或母线上的专用电流互感器 CT,通过动态阻抗将感应电流转换成感应电压,并自动控制动态阻抗随感应电流变化而变化,使感应电压基本维持在一个定值,再经过限压、整流和二次稳压后获得稳定的 +5 V 电源电压输出。该电流互感器 CT 被设计在最大线路电流 i 临界饱和状态,从而有效地限制了系统大电流冲击对检测单元的损坏。检测单元供电原理及一体化温度检测单元结构见图 2。



(a) 检测单元供电原理图 (b) 一体化温度检测单元结构图

图 2 检测单元供电原理及一体化温度检测单元结构

该系统的监控计算机与蓝牙主模块采用 UART 接口模式^[9-10],通过 RS232 实现 HCL 接口通信。蓝牙主模块与远程蓝牙从模块通过星形网络拓扑进行射频链接,形成 Piconet 网。在网内,蓝牙主模块以时隙为单位与激活的蓝牙从模块进行信息交换,同时利用信标信道保持与休眠蓝牙从模块的同步。在发布命令和控制阶段,主控计算机通过串行口向蓝牙主模块下达控制指令和控制参数,蓝牙主模块根据控制指令建立 ACL 链路,并将远程控制命令和参数通过 ACL 链路传输给 Piconet 网内相应的蓝牙从模块,以实现远程控制。在数据采样阶段,蓝牙主模块通过 ACL 链路负责采集网内各蓝牙从模块的现场

数据,经 RS232 传送给主控计算机进行分析处理,主控计算机根据处理结果刷新显示界面。

3 系统软件设计

温度监测系统软件设计主要由两部分组成:一是主控计算机与蓝牙主模块的 HCI 接口编程;二是单片机与蓝牙从模块的 HCI 接口编程。其它辅助运行、控制、信息处理和数据采集程序与其它类似系统程序设计基本相似。

3.1 主控机软件

主控机控制软件采用 LabVIEW 图形化编程语言编写^[11]。程序设计中,首先将蓝牙主机控制接口 HCI 实现细节全部封装和隐藏在构建的 Bluetooth.HCIDriver.VI 驱动节点中。系统加载时通过调用 Bluetooth.HCIDriver.CommOpen.VI 节点创建通讯线程,对主机串口进行初始化,然后经由 RS232 通道初始化蓝牙主模块,随即主控机调用 Bluetooth.HCIDriver.SHCToHFC.VI 节点用 Set_Host_Controller_to_Host_Flow_Control 指令开通主机控制器到主控机方向上的流控制,用 Host_Buffer_Size 指令通知主机控制器发往主机的 HCI ACL 数据分组的数据部分最大长度,以实现流量控制。接着调用蓝牙发现节点 Bluetooth.HCIDriver.Discover.VI 查询邻近蓝牙设备,并采用蓝牙连接节点 Bluetooth.HCIDriver.Connection.VI 与查询到的邻近蓝牙设备建立 ACL 链接。按系统要求主控机会向蓝牙主模块发送相应的 HCI 命令来设置主机控制器的链接参数,如设置主机控制器链路管理器等待来自从模块呼叫响应的最长时间和从模块接收链接的最长时间,是否只有指定的设备才允许链接、是否自动识别链接、是否需要鉴权和加密等参数。当链路建立后主控机根据 Piconet 网内蓝牙从设备位置分组确定从设备处于激活或休眠状态,并分配 AM_ADDR 地址或 PM_ADDR 地址。然后调用线程数据传输节点 Bluetooth.HCIDriver.ACLData.VI 向被激活的蓝牙从模块发送 ACL 命令分组,接收被激活的蓝牙从模块传回的 ACL 数据分组。主控机程序流程图见图 3。

3.2 单片机软件

单片机软件由 4 个主要程序模块组成:

(1) 主控模块:包含初始化模块和主循环模块。初始化模块完成单片机的初始化和参数设定,同时设置串行口实现与蓝牙从模块的通信数据格式匹配,并将蓝牙从模块设置成查询扫描、呼叫扫描允许状态,以便在后续的链接建立进程中能正确响应主控机的 HCI-Inquiry, HCI-Create-Connection 命令请求,以完成主从机间的 ACL 链接,实现数据和控制指令的传递。链路建立后如果本蓝牙从模块被设置

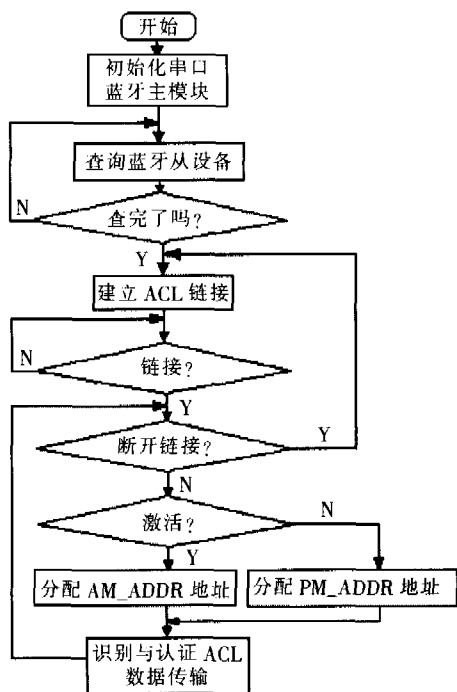


图3 主控机程序流程

为激活状态,则主循环模块程序根据 ACL 命令分组合理调度检测模块和数据传输模块,以实现准确可靠的温度测量和 ACL 数据分组传输。

(2)温度检测模块:按照 AD7418 的 I²C 串行总线和数据传输协议,由单片机 P87LPC768 的 I²C 串行接口对 AD7418 进行读/写操作,实现温度检测。

(3)HCI 数据分组传输模块:负责获取数据并进行数据格式匹配和 HCI 打包,然后通过串口传送到蓝牙从模块并进行 ACL 无线传输。

(4)HCI 分组传输中断模块:考虑到蓝牙从模块事件激活、与主控机数据交互的随机性,采用串口中断方式接收 HCI 事件分组、HCI ACL 数据分组,并根据接收到的控制指令和控制参数设置相应标志,完成数据采集和数据传输。单片机程序流程见图4。

4 系统实验

由于被测设备和温度检测单元都处在户外环境中,日晒雨淋,环境条件恶劣,温度和湿度变化不定。这对母线和断路器触点的温度测量会产生诸多干扰^[12]。图5是对 SW2-63I 少油断路器触点温度变化的实验测试结果。实验方法是:将自动控制的加热器加在动、静触点接触部位加热,分别测试静触头和安装温度检测单元的导电板温度。在不同环境条件下测得 100 min 内触头温度和导电板温度变化值如图所示(环境温度 20℃)。

大量实验测试数据分析研究表明,该温度检测系统因为环境条件变化复杂,难以建立精确的数学模型。模糊集合论是一种精确解决不精确不完全信息的方法,因此该系统针对大量实测数据,运用模糊

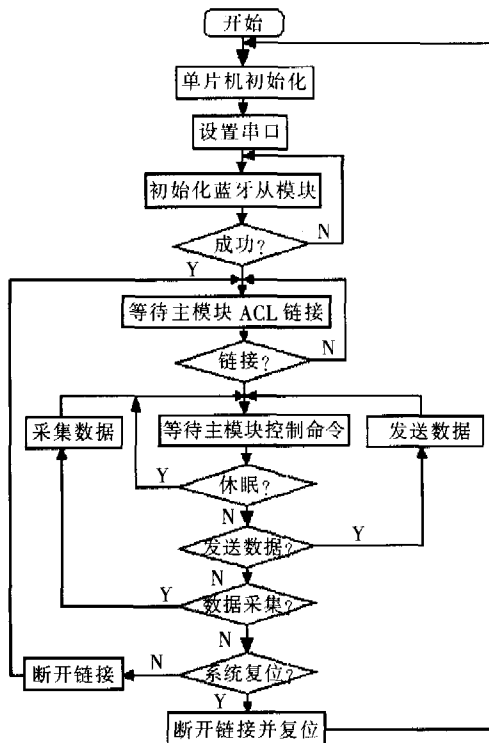


图4 单片机程序流程

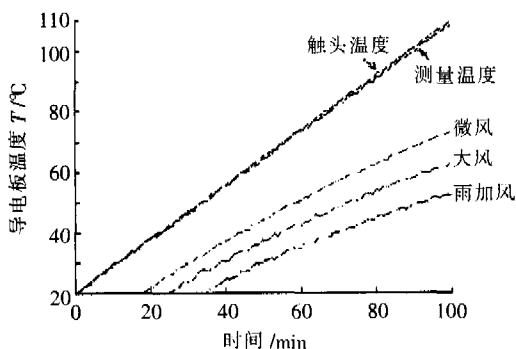


图5 高压断路器触头温度实验测量曲线

集合论模拟操作人员的推理与决策,得出系统的推理规则和隶属函数,然后排列各种情况下可能的输入,经模糊推理和决策计算出相应的控制决策值,生成模糊控制表,存入计算机的内存。在运行中先将检测到的实时温度值和环境与气象参数传送到中心计算机,在计算机中将其模糊化,然后进行多参量模糊融合,最终融合结果: $\chi = \omega x + \omega w$,其中: $\omega = \sum_{i=1}^4 \eta_i z_i$, η_i 为接近度; z_i 为影响参量因子, w 为关于 x 的非线性补差, x 为温度传感器测量值。图5所示为雨加风情况下的“测量温度”曲线,最大误差不超过 $\pm 1.5^\circ\text{C}$ 。

5 结语

该系统由于采用了蓝牙技术和在线电源设计技术,解决了高压环境下设备的在线状态检测两大难题——测量信号传输和传感器电能传递问题,使系统结构变得更为简洁,提高了系统的安全性。由于工作在微波段的蓝牙具有快速跳频 (下转第230页)

3 试验分析

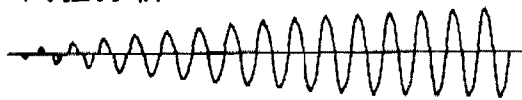


图5 可控电抗器调节过渡过程波形

3.1 低压试验部分

在380 V试验电压下,将3台单相可控电抗器星型连接,设定额定电流为15 A,起动电流为2倍额定电流(30 A),低压试验得到的起动电流曲线见图6。由图6可以看到,该新型磁控软起动装置的响应速度特别快,只需9个周期即可达到恒定的起动电流。图7为软停止的电流曲线,可以实现电机的软停车,完全符合预期目标。

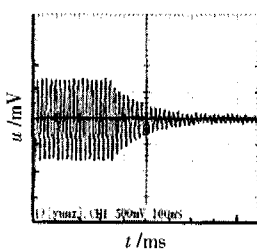
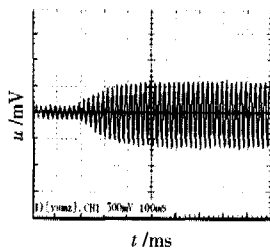


图6 低压试验起动电流波形 图7 低压试验停车电流波形

3.2 现场试验部分

10 kV, 6 300 kW 磁控软起动装置已成功投运。电机额定电流为372 A,采用恒流起动,起动电流设定为3倍额定电流(即1 116 A)。通过1 200 A:5 A的电流互感器(使用CLAMP ADAPTER 8112电流互感器,直接输出电压 $U_{max}=200$ mV),测得的起动电流初始波形见图8。初始给出2个周波的冲击电流,便于电机的起动。

电流的历史曲线见图9。从图9可以看到,电机起动电流约为1 100 A,并保持恒定,与设定的起动电流值相符,起动时间为38 s,完全符合设计要求。

4 结语

(1)笔者研制的电机磁控式软起动装置,采用磁

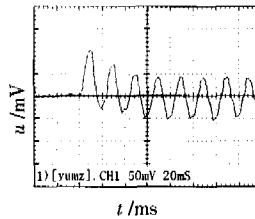


图8 起动电流初始波形

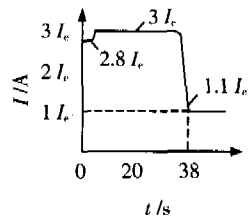


图9 起动电流历史曲线

饱和式可控电抗器实现软起动,试验证明起动限流调节平滑、快速、可靠性高。另外制造成本较低,尤其适用于高电压、大容量电机起动的场合,在电机起动控制中得到了成功的应用。

(2)试验表明,该新型磁控软起动装置的响应速度特别快,只需经过9个周期即可达到恒定的起动电流。并且可以实现电机的软停车,完全符合预期目标。从现场试验部分可以看到,电机起动电流约为1 100 A,并保持恒定,与设定的起动电流值相符,起动时间仅为38 s,完全符合设计要求。

参考文献:

- [1] 高越农. 高压电动机软起动[J]. 自动化博览, 2003(5): 49-50.
- [2] 聂胜利. 大型高压电动机降压起动的探讨[J]. 通用机械, 2004(7): 65-67.
- [3] 韦忠朝. 交流电动机软起动与节能控制中的数字触发系统[J]. 电力电子技术, 2001, 35(6): 1-3.
- [4] 陈柏超. 单相可控电抗器的一种谐波抑制原理及实现[J]. 中国电机工程学报, 2002, 22(3): 63-67.
- [5] 陈柏超, 钱建华. 基于磁阀式可控电抗器的无功补偿系统[J]. 电力系统及自动化学报, 2003, 15(2): 66-70.
- [6] Blaabjerg F, Pedersen J K, Rise S, et al. Can Soft Starters Help Save Energy[J]. IEEE Industry Magazine, 1997, (9/10): 55-66.
- [7] Sastry V V, Prasad M R, Sivakumar T V. Optimal Soft Starting of Voltage-controlled-fed IM Drive Based on Voltage Across Thyristor[J]. IEEE Trans. on Power Electronics, 1997, 12(6): 1 041-1 051.

(上接第227页)能力以及本系统采用的数据多组冗余传输,加强了系统的抗恶劣电磁干扰能力,保证了系统的运行稳定可靠。

参考文献:

- [1] 刘建胜. 一种用于变电站高压触点温度在线监测的新方法[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(4): 54-57.
- [2] 刘明光. 真空断路器触头温度在线监测系统研究[J]. 铁道学报, 2002, 24(1): 39-42.
- [3] 李泰军. 开关柜母线温度的在线监测[J]. 高压电器, 2001, 37(3): 61-63.
- [4] 费万民. 高压开关触点和母线温度在线检测与监测系统[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(3): 86-89.
- [5] 王志勇. 高压母线温度在线测量装置[J]. 电力系统自动化,

2000, 24(7): 60-61.

- [6] 柳平. 基于HCI实现蓝牙模块与单片机的通讯[J]. 汕头大学学报(自然科学版), 2003, 18(3): 48-52.
- [7] 张粤. 蓝牙技术在机械手控制系统中的应用[J]. 工业控制计算机, 2003, 16(3): 8-11.
- [8] 董自建. 用单片机实现HCI层的蓝牙数据传输[J]. 淮海工学院学报, 2003, 12(2): 25-27.
- [9] 孙吉福. PC机间蓝牙串口通信的HCI实现[J]. 山东建筑工程学院学报, 2004, 19(1): 72-75.
- [10] 唐振洲. 基于UART传输层的蓝牙主机控制接口(HCI)的实现[J]. 无线通信技术, 2003(3): 1-5.
- [11] 刘君华. 虚拟仪器图形化编程语言LabVIEW教程[M]. 西安: 电子科技大学出版社, 2001.
- [12] 杨武. 基于红外测温技术的高压电力设备温度在线监测传感器的研究[J]. 中国电机工程学报, 2002, 22(9): 113-117.