

基于光纤温度传感器的高压开关设备温度检测系统

张水香, 甘辉

(宜春学院理工学院, 江西 宜春 336000)

摘要: 高压开关触点、母线一般处于高电位,检测其温度一直是电力系统检测中的难题。针对这一问题,笔者提出了一种结合光纤技术的检测方法,利用 AVR 单片机控制光源,通过光强度型光纤温度传感器的调制,将带有温度信息的光信号耦合到 LOG114 芯片进行光电转换,输出信号再由 AVR 单片机进行 A/D 转换,经数据分析,得到高精度的温度值。结果表明,该系统具有精度高、体积小、易安装等特点。

关键词: 高压开关; AVR; LOG114; 温度; 光纤传感器

中图分类号: TM835.4

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2008)06-0513-03

Temperature Monitoring System for HV Switches Based on Fiber-optic Temperature Sensor

ZHANG Shui-xiang, GAN Hui

(Technical Institute of Yichun University, Yichun 336000, China)

Abstract: For directly detecting temperature of the contacts and bus of high voltage switch, this paper presents a detection method by making use of fiber-optic technology. An AVR microcontroller is adopted to control light source, the optical signal with temperature information is coupled into LOG114 chip for photo-electric conversion through modulation via light intensity type optical fiber temperature sensor, and A/D conversion of the output signal is then performed by the AVR microcontroller to obtain high-precision temperature values through calculation. The system has the features of high precision, small volume, and easy installation.

Key words: HV switches; AVR; LOG114; temperature; fiber sensor

0 引言

发电厂、变电站的高压开关柜是保证电力系统安全运行的重要设备之一。在长期运行过程中,高压母线因超负荷运行,会出现过热现象,开关柜中的触头接触不好或因产品制造、运输以及安装等原因都会引起接触电阻过大,导致温度升高,产生过热现象。触头和母线排连接处等部位过热引起绝缘老化甚至击穿,从而引发短路,这些现象在大电流开关柜,如进线柜尤为突出且影响极大。而这些发热部位的温度难以检测,由此常导致电气火灾事故。近年来,随着光纤传感技术的不断发展,单晶光纤是目前在高温环境下最适用的光波导材料之一,其测量温度最高达 2 000 °C,温度分辨率为 0.1 °C^[1]。笔者利用光纤传感技术,结合高速 AVR 单片机系统,设计了高压开关设备的温度检测系统。

1 理论依据

1.1 光纤温度传感器结构

光通过自聚焦输入光纤作用后产生平行光,遮光片将双金属片感受环境温度变化产生的挠曲变形转化为上下位移,从而使耦合到输出光纤的光强发生变化,实现了光的强度调制,再经光电检测部件将变化的光强转换为相应的电压,达到检测的目的^[2]。针对不同的应用,选择适合的导热材料,改变光纤口径及形状,使得测量电压值随温度变化有良好的线性关系,从而确定定标曲线。由于测温部分采用双金属片、导热块等机械部分,因此不可避免对整个测温系统带来迟滞性的弱点,如果采用导热性能良好的材料,其响应温度变化的速度就会加快,则系统迟滞程度就会减小。传感器结构见图 1。

1.2 测温原理

设 a, L, s 分别为双金属片温度挠度、长度、厚度,其长度变化 Δx 与温度 Δt 之间的关系为

收稿日期:2007-12-05; 修回日期:2008-06-23

基金项目:江西省高等学校教学研究省级课题项目“虚拟仿真在创新实验教学中的研究与实践”(JXJG-07-15-7)。

作者简介:张水香(1974-),女,江西万载人,硕士,讲师,现主要从事机械工程和机械嵌入式系统研究和教学工作。

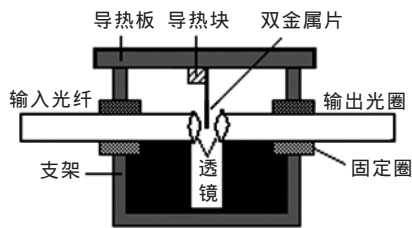


图1 光纤温度传感器结构

$$\Delta x = \frac{aL^2}{s} \Delta t \quad (1)$$

设 r 为平行光束的半径, 调整双金属片下沿在 $20\text{ }^\circ\text{C}$ 时, 位于平行光束的中心轴线处, 则此时输入光强 I_0 与输出光强 I 之间的关系为: $I=I_0/2$ 。当温度增加时, 双金属片伸长, $\Delta x>0$, 输出光强减小; 反之, $\Delta x<0$ 时, 输出光强增加, 由此可得输出光强 I 与输入光强 I_0 之间的关系为

$$\frac{I}{I_0} = \frac{\frac{1}{2} \pi r^2 - r^2 \arcsin \frac{\Delta x}{r} - a \sqrt{r^2 - \Delta x^2}}{\pi r^2} \quad (2)$$

从式(1)、(2)得出, 温度的变化量与出射光强和

入射光强的比值成单值关系。因此, 只要测量出射光强与入射光强, 可得出温度值。由于传感器除了对被测参数敏感外, 还受光源激励、压力以及整个光路损耗的影响, 带来测量误差。为了消除这些影响, 系统采用双光路测量, 能自动补偿光源激励以及环境等因素对测量精度的影响。双光路测量结构见图2。

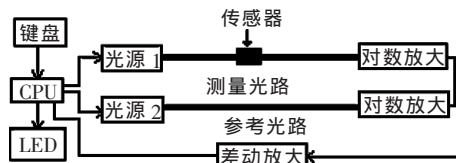


图2 双光路测量结构

2 硬件设计

2.1 控制电路与传感器设计

控制电路由 CPU、RAM、74LS373、LCD、键盘、发光二极管等器件组成, 见图3。

CPU 采用 ATMEL 公司的高端处理器

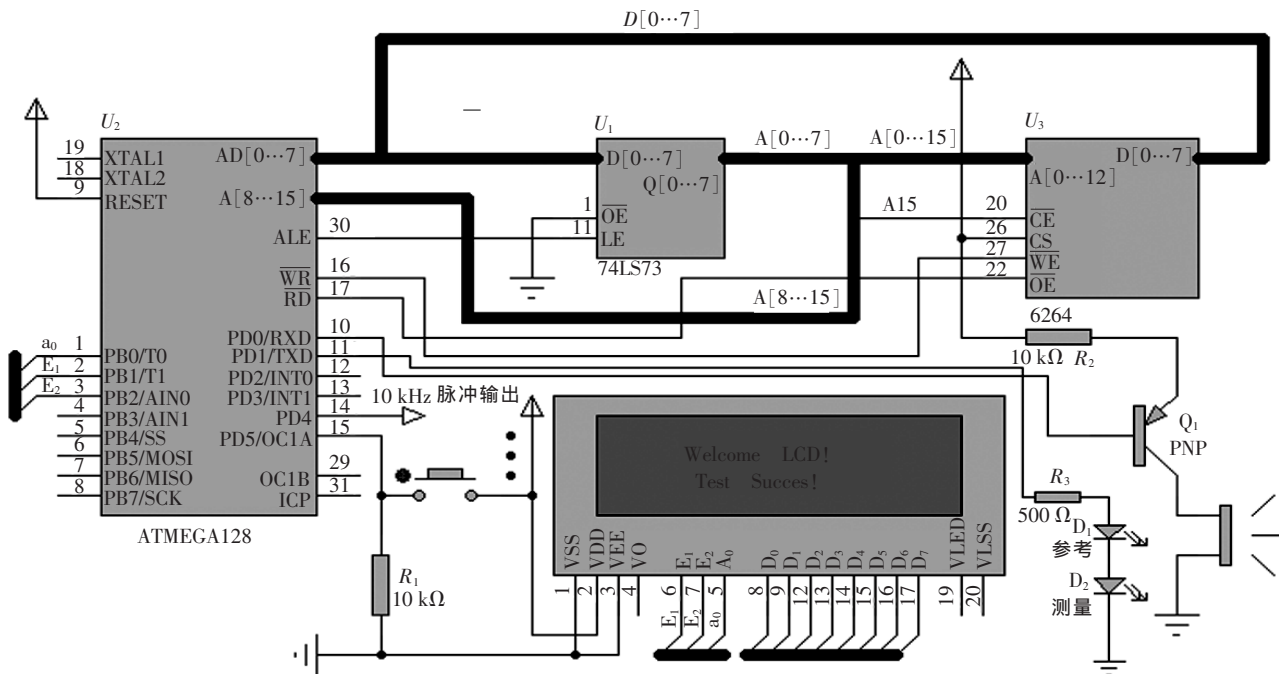


图3 控制电路

ATMEGA128, 是高性能、低功耗的 8 位嵌入式处理器, 采用先进的 RISC 结构, 工作于 16 MHz, 性能高达 16MIPS^[3]; 利用定时器 0 控制 PD1 引脚产生周期是 10 kHz 的方波, 去控制光源; 由于 AVR 内部集成 128 k 可编程 FLASH, 可擦写 10 000 次, 因此不需扩展程序存储器, 大大节省了电路板的制作面积, 提高了集成度; RAM 采用 8 K×8 的 6264 存储芯片; CPU 与 RAM 之间用 74LS373 锁存; 显示部分由 122×32d 图形点阵式液晶 EW12A03GLY 组成, 液晶的读写引脚 E_1 、 E_2 、 a_0 分别由 CPU 的 PB1、PB2、PB0 控制; VLLED、VLSS 为液晶提供屏背光电压; 由于

ATMEGA128 内部集成高精度 10 位 A/D 转换, 因此, 不需要另外增加 A/D 芯片。输入信号经滤波后接至 ATMEGA128 的 ADC_i ($i=0\sim7$) 进行 A/D 转换。

2.2 光电转换和放大电路的设计

根据理论分析, 将温度的测量转化成测量光强比, 经光电转换后, 又转换成测量电流比。因此, 需采用对数放大和差动放大, 才能得到电流比。选用 TI 公司的 LOG114 放大器, 内部集成有两路对数放大器与两个独立的差动放大器以及一个 2.5 V 的内部基准电压, 可以满足检测需要。其专用于检测光纤线缆输出的光电二极管信号, 不需外加电路。支持 8

个数量级的动态范围 100 pA 至 10 mA, 且具有高速率、高精度的性能, 非常适合光控系统, 从而避免了由分立元件构成的电路所带来的二次误差, 电路见图 4。两路光信号分别从 1、3 脚, 4、5 脚输入, 放大倍数可以调节 R_1/R_2 的比值, 输出电压与输入电流关系为

$$U_0 = 0.375 \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \log \left(\frac{i_1}{i_2} \right) \quad (3)$$

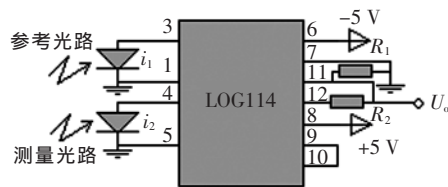


图 4 光电转换和放大电路

3 软件设计

软件结构主要由主程序、中断子程序及显示程序等模块组成, 程序流程见图 5。

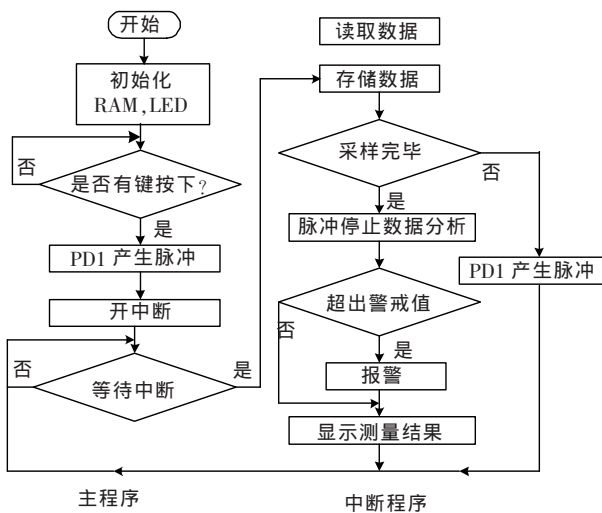


图 5 程序流程图

基本流程是: 按下启动键, 系统在 PD1 产生 10 kHz 的脉冲去调制光源, 使光源发出相同频率的脉冲; AVR 通过 MUX₀、MUX₁、MUX₂ 选择 ADC_i 进行转换, 不断检测 ADIF 标志位, 当转换完毕后, ADIF 置 1 并申请中断; 在中断程序中将 ADC 产生的 10 位结果 (ADCH 和 ADCL) 进行存储, 采样 14 次后, 停止采样和脉冲发送。分析采样数据, 如果测量值超出安

全临界值则声音报警提示, 同时将测量结果显示在 LCD 上, 并返回主程序继续等待下一次测量中断。

4 结语

将此系统传感探头置于高低温试验机 GD(J)W-100, 从 20 °C 开始进行加热测试, 采样数据见表 1, MATLAB 拟合曲线见图 6。

表 1 实验采样数据

温度/°C	U_0/V	温度/°C	U_0/V
20	1.980 5	70	2.580 5
25	2.063 6	80	2.612 2
30	2.140 4	90	2.663 7
35	2.210 7	100	2.707 1
40	2.274 7	120	2.776 0
50	2.385 4	140	2.835 0
60	2.476 1	150	

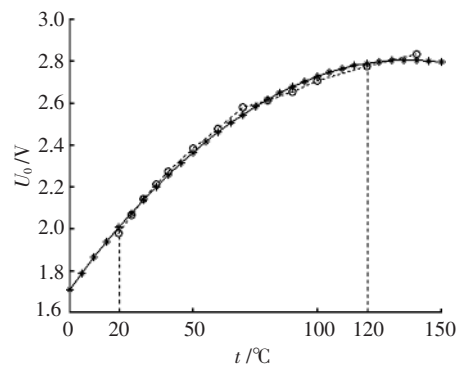


图 6 采样数据拟合曲线

实验数据表明, 温度在 20~120 °C 之间曲线斜率较大, 系统对温度最为敏感, 120 °C 以上曲线斜率逐渐变小。主要是因为传感头为圆形, 随着温度上升, 单位温度变化所引起的光强变化缓慢。如果采用宽口径光纤束, 均匀排列成方形, 可以增大测温范围和曲线的斜率, 从而改变灵敏度, 可以满足各种不同升温要求的场合。此系统体积小、灵敏度高, 在易燃、易爆等恶劣环境中具有良好的应用价值。

参考文献:

- [1] 张艳, 田竞. 基于红外传感器的高压开关柜温度实时监测网络的研制[J]. 高压电器, 2005, 41(2): 91-94.
- [2] 赵勇, 荣民. 基于半导体吸收原理的光纤温度传感器研究[J]. 光子. 激光, 2003, 14(2): 140-142.
- [3] 李长林. AVR 单片机应用设计 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.

(上接第 512 页)

正确判断为 CT 饱和引起的差流, 从而闭锁 D 桥差 IV 段。从区外故障转区内故障时该判据是否能快速解除闭锁, 由于没有现场录波数据无法验证。

参考文献:

- [1] 许世刚. 葛洲坝换流站控制保护系统国产化改造 [J]. 华中电力, 2006, 19(5): 50-52.

- [2] 常浩. 我国高压直流输电工程国产化回顾及现状 [J]. 高压技术, 2004, 30(11): 3-5.
- [3] 文明浩, 陈德树. 一种特高压 3/2 接线纵差保护抗电流互感器饱和措施 [J]. 电力系统自动化, 2006, 30(10): 61-63.
- [4] 林湘宁, 曾湘, 翁汉翔. 一种快速识别故障发展的变压器差动保护解除闭锁新方法 [J]. 中国电机工程学报, 2006, 26(19): 29-35.