

# 基于 MSP430 和光纤传输的变压器 温度检测系统

巫付专<sup>1</sup>, 吴必瑞<sup>2</sup>, 牟政忠<sup>3</sup>

(1. 中原工学院电子信息学院, 河南 郑州 450007; 2. 宁德师范高等专科学校, 福建 宁德 352100; 3. 沈阳艾斯德电气系统有限公司, 辽宁 沈阳 110027)

**摘要:**介绍了采用 MSP430 和光纤传输的变压器温度检测系统, 并对其测试结果进行了分析。

**关键词:**变压器; 光纤; 通信; 温度; 检测

中图分类号: TM403.9

文献标识码: B

文章编号: 1001-8425(2009)06-0053-04

## Temperature Monitoring System for Transformer Based on MSP430 and Optical Fiber Communication

WU Fu-zhuan<sup>1</sup>, WU Bi-rui<sup>2</sup>, MOU Zheng-zhong<sup>3</sup>

(1. Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou 450007, China; 2. Ningde Teachers College, Ningde 352100, China; 3. Shenyang ASD Electrical System Co., Ltd., Shenyang 110027, China)

**Abstract:** The temperature monitoring system for transformer based on MSP430 and optical fiber communication is presented. Its testing results are analyzed.

**Key words:** Transformer; Optical fiber; Communication; Temperature; Monitoring

### 1 引言

变压器的运行寿命与绝缘老化程度有关, 而绝缘的老化由温度决定。变压器运行时的温度变化受变压器损耗和环境温度等影响。变压器热特性的在线监测越来越受到重视, 第 30 届国际大电网会议就将变压器的热特性列为重点的研究问题之一。在保证温升不超标的情况下, 为了减小变压器体积, 一般容量大于 8 000kVA 的变压器采用风冷装置, 容量在 63MVA 以上的变压器一般采用强油风冷或强油水冷的冷却方式。不管是安装在发电厂还是运行在变电站的大型电力变压器, 其运行中所带负载随时都在发生变化, 尤其是发电厂的升压变压器在调峰运行时, 每日所带负载在 50%~100%之间多次变化, 这将使变压器的损耗也随之发生变化, 从而造成变压器油温的变化; 另外, 一年四季气温的变化和每天昼夜气温的变化, 都会引起变压器油温的变化。变压器油温的频繁和大幅度变化, 将对变压器的安全、经济运行和使用寿命产生较大的影响。因此对变压器油温的监测与控制是十分重要的, 应该实现对电力

变压器温升的控制和温度信号的远传。传统的温度监测控制一般采用由压力式温度计以及热电阻温度计两者组合的复合式温度控制器<sup>[1]</sup>。由于其毛细管预留过长、毛细管盘放置不当使温度指示不正确; 接线端子积灰或松动使电阻变大造成温度误差; 阻值大于 10Ω、各引线阻值大小不一致等都会造成在实际测量过程中温度值出现偏差<sup>[2,3]</sup>。笔者在本文中提出的基于 MSP430 和光纤传输的变压器温度检测系统可以很好地避免上述问题。铂电阻作为油温传感器, 经调理电路的输出信号, 采用光纤通信系统进行温度传输。光纤传输系统对信号进行传输具有损耗极低、中继距离很长和抗电磁干扰性能好等优点, 能够很好地对监测的变压器油温信号进行无失真地传输<sup>[4,5]</sup>。

### 2 系统主要功能

电力变压器运行中, 对其油温的测量是维护电力变压器安全运行的基础和关键。电力变压器冷却系统的投切和超温报警等都由其安装的温度控制器来实现。测量系统以 MSP430F449 为主控制器件, 它

是具有 16 位超低功耗特性的功能强大的单片机。MSP430 单片机内部具有多个时钟源，可以灵活地配置给各模块使用以及工作于多种低功耗模式，降低了控制电路的功耗，提高了整体效率。传感器的温度信号经过光纤通信送至 MSP430 进行处理。显示电路实时显示当前变压器的温度值，利用键盘对门槛温度值进行设定，根据设定的门槛温度值进行判断，驱动投切及报警装置进行相应的动作。该监测系统通过 MAX3221 电平转换电路实现与 PC 机的串行通信，PC 机实现对系统温度的进一步分析和对系统的控制，系统框图如图 1 所示。

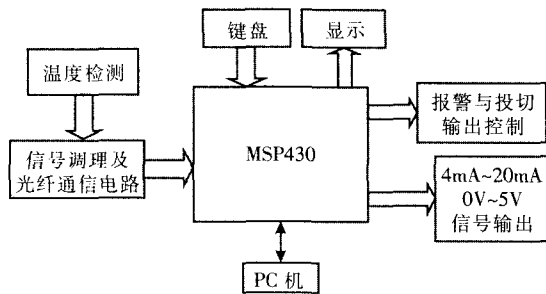


图 1 系统结构设计框图

Fig.1 Design diagram of system structure

### 3 检测系统硬件设计

#### 3.1 铂电阻及信号调理电路

要提高该系统工作的可靠性、稳定性及其测控精度，传感器的线性度、测量精度和温度稳定性等指标是关键。铂电阻具有准确度高、性能稳定、互换性好、耐腐蚀及使用方便等一系列优点，一直是工业测控系统中广泛使用的一种比较理想的测温元件。对于铂电阻温度计，电阻  $R$  与温度  $t$  的函数关系如公式(1)：

$$R_t = R_0[1 + at - bt^2] \tag{1}$$

式中  $R_t$ —— $t^\circ\text{C}$ 时的电阻值  
 $R_0$ —— $0^\circ\text{C}$ 时的电阻值  $100\Omega$   
 $a$ —— $3.908\ 02 \times 10^{-3}/^\circ\text{C}$   
 $b$ —— $-5.802 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}^2$

#### 3.2 光纤通信系统的设计

光纤通信系统主要由光发射机和光接收机、光缆线路及光路无源器件等部分组成。其基本的通信过程是信息源发出的原始信号先经电发射机的放大、滤波处理，再将处理后的电信号输入到光发射机。在光发射机端再对信号进行调制，然后将调制好的电信号转换成光信号，

通过光缆进行长距离传输，在接收端将光信号还原成电信号，再把电信号进行解调放大，还原出原始信号。光纤通信是以光波作为传输媒介的先进通信方式。光端机的发送端内含有载波光源，在此将电信号转换成光信号，并输入光纤传输到接收方。光端机的接收端内含有光探测器，它将来自光纤的光信号还原成电信号，并输入到光端机的接收端。中继器将经过长距离传输后被衰减和畸变了的光信号放大、整形再生成一定强度的正常光信号继续传送。原理框图如图 2 所示，其中 PHLC 是光发送器件，PHPC 是光接收器，中间用光纤连接构成光纤通信系统。

光纤传输后的输出信号再经过 RS-485 电平转换后，接到 PC 机的串口进行通信。

#### 3.3 键盘显示接口电路的设计

除系统设定温度值，用户还可以根据需要重新设定有关温度控制阈值。用 K1~K3 输入温度设定值。K4 为“手动/自动”切换键，设定强制冷却风机的启动。在设定状态下显示设定参数名称与具体参数值。

#### 3.4 报警电路的设计

为引起现场工作人员对异常信息的注意，该监控装置提供了声音报警功能。报警电路是通过单片机输出信号，经三极管放大来驱动蜂鸣器进行报警，它主要有超温和超高温跳闸报警两种，其区别在于报警时间的长短不同。

#### 3.5 通信接口电路

单片机的串行口与 RS-485 进行远程通信，在控制室能实施监控变压器的运行情况。RS-485 总线发送的时候使用两根线(A、B线)，两根线上的电压相反。当 A 线上的电压高于 B 线时为逻辑 1；当 B 线上的高于 A 线时，为逻辑 0。MAX3485 芯片把信号转变成 RS-485 标准需要的电平发送到计算机或终端，从计算机或终端接收到的数据然后给 US-

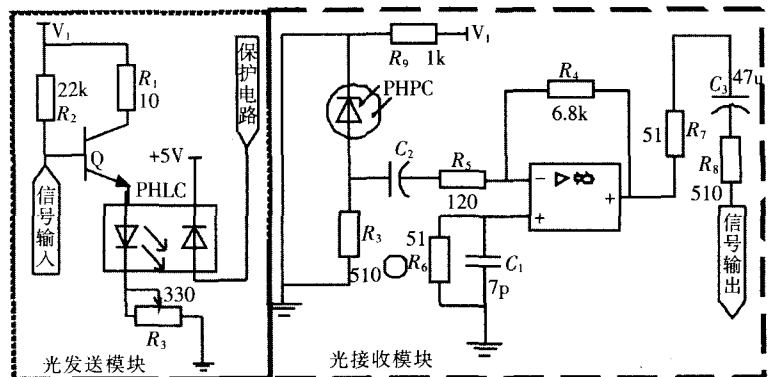


图 2 光纤通信电路设计

Fig.2 Circuit design of optical fiber communication

ART0。串口 USART0 经过 MAX3485,其电路图如图 3 所示。其中芯片的 1 管脚与 MSP430 的 P2.4 相连,作为通信电路的数据接收;4 管脚与 MSP430 的 P2.5 相连,作为通信电路的数据输出。RE 与 DE 短接并一同接入 P1.1,由 P4.2 作为 MAX3485 芯片的使能端。

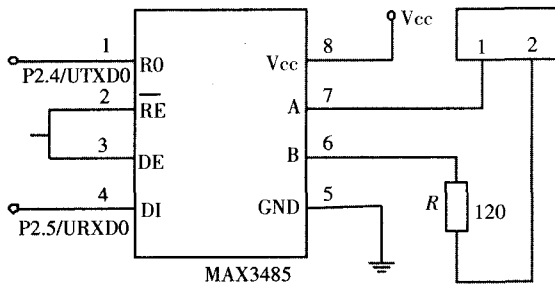


图 3 RS-485 通信接口电路图

Fig.3 Interface circuit of RS-485 communication

### 4 软件设计

该系统的软件是在 IAR Embedded Workbench 开发环境下采用 C 语言编写的,采用模块化程序设计。MSP430 单片机工作模式设为低功耗模式,软件由主程序、采样程序、滤波程序、判断输出程序和键盘设定程序等各个子程序组成。系统主程序主要完成对各端口进行初始化设置。系统初始化,显示开机画面之后开启基本定时器,用于定时唤醒 MSP430 采样并显示实时温度。显示完温度后进入低功耗模式,等待外部键盘中断和定时器中断,中断返回后再次进入低功耗模式,从而降低了电能消耗<sup>[6]</sup>。其软件流程图如图 4 所示。

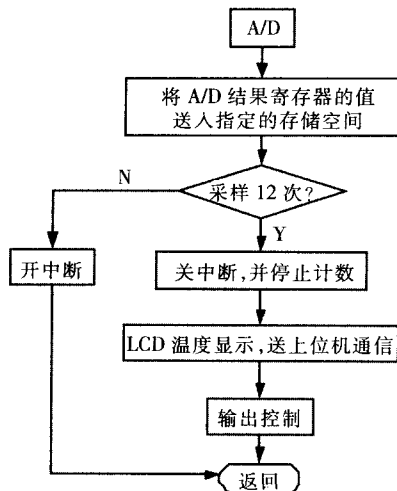


图 4 软件流程图

Fig.4 Flow diagram of software

在变压器油温监测系统中,以 MSP430 作为下位机,PC 机作为上位机,下位机与上位机通过串口进行通信。上位机通讯模块分为三层:物理层、数据链路层和应用层。物理层采用 RS-485 协议进行通信,通信速率为 9 600 bit/s,8 个数据位,1 个停止位,奇校验。运行上位机的监控软件后,选择开始通信按钮,便与下位机建立了通信,可以对下位机的状态进行监测。远程监测的软件上显示变压器油温实际值的数字与曲线,保存各测温点的数据,在实际的操作过程中需要对异常的情况进行报警。

### 5 测试结果及分析

郑州某电站 180MVA 三相变压器,额定电压为 220/121/10.5kV,变压器冷却方式为 ONAN/ONAF。该测量系统的正常测试温度在 45℃~75℃,调试可使 60℃的测量误差为 0,这样在正常的测试范围内误差较小。变压器顶层的油温通过市技术监督局检测仪测量而得,作为对比值。在室温为 25℃时,多次采用该测量系统对变压器顶层油温进行测量,求取平均值,数据如表 1 所示。由试验数据可知,系统测量的精度是 0.1℃,误差在±0.5℃以内,符合设计的目标。

表 1 变压器顶层油温的试验结果

Table 1 Tested data of oil temperature in top of transformer

变压器顶层油温/℃	LCD 显示温度/℃
45.3	45.5
49.1	49.6
60.4	60.0
70.2	69.7
75.2	75.6

试验结果表明,测温系统工作稳定、测量方便、准确度较高。在实际测量过程中,温度值有时会出现偏差。传感探头的导热能力会决定系统的迟滞,如果探头的导热性能良好,其响应温度变化的速度就会加快,迟滞程度就会减小,同时信号调理电路是装置的关键部分,对输入信号处理质量的好坏及装置的性能有着决定性的影响。在实际测量过程中,温度值有时会出现偏差。

### 6 结束语

由于变压器使用地区不同,运行环境不同,对变压器冷却系统投入温度值的确定既要考虑运行安全,又要考虑节能降耗。因为变压器的输出功率随时

(下转第 63 页)

- [4] 李宁先,章金谋,李 稼,等.变压器油中气体色谱分析方法和仪器发展现状[J].变压器,2003,40(8):20-23.
- [5] 刘 娜,谈克雄,高文胜.基于油中溶解气体谱图的变压器故障识别方法 [J]. 清华大学学报(自然科学版),2003,43(3):301-303.
- [6] 贾瑞君. 高分子薄膜在变压器油中溶解气体在线监测中的应用[J].变压器,2001,38(10):37-40.
- [7] 熊智新,胡上序,路文初.基于小波变换的重叠色谱峰检测研究方法 [J]. 浙江大学学报(工学版),2004,31(8):1072-1077.
- [8] 罗荣模,王泳涛. 色谱工作站中谱峰识别的设计与实现 [J].中国计量学院学报,2003,14(1):24-28.

收稿日期:2008-09-28

作者简介:金祖龙(1958-),男,浙江义乌人,衢州电力局工程师,从事变压器运行检修工作。

(上接第 50 页)

害人身安全。使用时,应使整个控制系统有良好接地,并在直流控制绕组的两个出线端子“+”、“-”间接入一个串联的电容与电阻,以抑制谐波感应电势。

#### (2)维修

一般地说,磁性调压器的绕组  $B_1$ 、 $B_2$  和 G 不易

损坏。如果在使用中,直流控制绕组被击穿或烧坏,说明谐波感应电势较高,不安全。修理时,可增大直流控制电流,减少直流控制匝数,使其乘积仍然等于原有的直流控制安匝数。

(待续)

(上接第 55 页)

变化,所以实时进行变压器油温在线监测非常必要。系统采用铂电阻作为温度检测器件,利用光纤进行信号的远距离传输,能够对变压器油温进行精确测量,且功耗低、使用方便,具有十分广泛的应用前景。

#### 参考文献:

- [1] 朱承治,郭创新,秦 杰. 基于 DEPSO-RBFNN 的变压器表面温度预测模型 [J]. 电工技术学报,2008,23(6):37-43.
- [2] 王红宇,苏鹏声,王祥珩,等. 油浸型大型电力变压器表面温度预测模型 [J]. 清华大学学报(自然科学版),2005,45(4):569-573.
- [3] 职迎安,马 瑜. 变压器冷却器新型智能控制柜的研制 [J]. 变压器,2007,44(9):34-35.
- [4] 王世阁,王延峰,姜学忠. 变压器冷却系统故障分析与改进措施[J]. 变压器,2007,44(2):58-63.
- [5] 李化波,刘连光,刘宗歧. 一种新型变压器冷却控制装置的研制[J]. 电气应用,2007,26(4):83-85.
- [6] 沈建华,杨艳琴. MSP430 系列 16 位超低功耗单片机实践与系统设计[M]. 北京:清华大学出版社,2005.

收稿日期:2009-02-24

作者简介:巫付专(1965-),男,河南安阳人,中原工学院电子信息学院副教授,主要从事电机控制及 CAD 的研究与教学工作;

吴必瑞(1982-),男,福建宁德人,宁德师范高等专科学校助教,从事电气自动控制系统的研究。

(上接第 56 页)

(4)油流的流通和截断可靠性强。

(5)此逆止阀利用重力原理优于电动或弹簧方式的逆止阀,可避免其因电源或弹簧故障而导致逆止阀油流受阻。

## 5 结论

本文中笔者简要介绍了新型逆止阀装置的设计原理与安装。新型逆止阀利用挡板重力自动下垂原理,开启状态可靠,安装在变压器散热器汇流管与变压器油泵之间,保证变压器在一台油泵备用时,不发生油路短路,且油流仅做单方向流动,当变压器油流与逆止阀规定油流方向相反,并达到一定流量时,挡板关闭,阻止变压器油反向流动。

## 2010 年内蒙古风电装机将超 500 万千瓦

2月8日,施工人员正在内蒙古巴彦淖尔市乌拉特后旗乌力吉风电场吊装风机。拥有得天独厚风能资源的内蒙古自治区按照国家发展新型洁净能源的产业政策,加快环

京津大型风力发电基地建设,200 多家风电企业在内蒙古追风逐电“抢滩登陆”。到 2010 年,内蒙古风电装机容量将达到 5 000MW。