

自动气象站风传感器防冻控制电路设计

袁佰顺¹, 尹宪志², 徐启运², 姚延锋¹, 李晓峰³

(1. 甘肃省天水市气象局, 甘肃 天水 741000; 2. 甘肃省气象局, 甘肃 兰州 730020;
3. 甘肃省气象信息与技术装备保障中心, 甘肃 兰州 730020)

摘要: 利用自动气象站实时测量的气温、平均风速、空气相对湿度 3 个气象要素作为基本参数, 确定自动气象站风传感器冻结、融化的气象指标临界值, 通过 PC 机 RS232 通讯接口和 ATmega8 型单片机、光电隔离驱动等电路控制风传感器防冻加热装置的自动运行, 从而达到自动气象站风传感器防冻保护的目的。

关键词: 自动气象站; 风传感器; 防冻; RS232 接口; 单片机; 电路设计

中图分类号: TP306+.3

文献标识码: A

引言

随着我国大气监测自动化建设项目的全面实施, 甘肃省目前已建成自动气象站 85 个, 但其风传感器都未采取防雨淞、雾淞和冰冻冻害的措施, 在低温、静风条件下, 雨淞、雾淞和结冰冻害经常造成风传感器冻结, 不能转动, 使气象观测记录缺测。甘肃省的华家岭、乌鞘岭、西峰和全国其它自动气象站, 已经出现因为雨淞、雾淞和结冰冻害造成的记录缺测, 严重影响自动气象站正常运行。华家岭、西峰 2003~2005 年的 14 次自动气象站风传感器雨雾淞冻结情况中, 最长冻结时间 39 h, 雨雾淞混合物积冰最大直径 70 mm, 最大重量 352 g/m, 最小相对湿度 93%, 冻结开始时的最大风速 4.6 m/s, 最长静风时间 6 h, 从冻结开始到结束最大降温幅度 6.8 °C。所以, 解决雨淞、雾淞和冰冻冻害对自动气象站的影响, 已成为自动气象观测亟待解决的问题。

芬兰等国家的自动气象站风传感器, 多采用功率 ≤4 W 的加热装置, 仅考虑温度指标, 在气温 ≤4 °C 的天气条件下, 由自动气象站自动启动加热装置, 对风传感器进行加热, 融化雨淞和雾淞对风传感器的冻结, 但在我国的试点站运行中, 效果并不十分理想, 因此, 解决风传感器雨雾淞冻害问题, 仅考虑气温是不全面的。尹宪志等人对自动气象站风传感器雨雾淞冻害进行了研究, 认为风传感器覆冰冻结是

温度、湿度、风速等气象条件综合因素的结果^[1], 雨雾淞混合积冰出现频率高, 对风传感器的冻结时间最长, 危害最大^[2-3], 提出严重覆冰的基本条件及特征是温度为 -5 ~ 0 °C, 平均风速 ≤5 m/s, 空气相对湿度 >80% 的冻雨或重雾雪天气。根据以上覆冰的临界条件, 以气温、平均风速、相对湿度 3 个实时气象要素指标, 作为风传感器冻结、融化的判断依据, 设计出了针对风传感器的自动加热控制电路, 可防止或消除风传感器的冻结, 达到自动气象站风传感器防冻保护的目的。

1 自动控制系统总体结构

风传感器加热自动控制系统的结构如图 1 所示

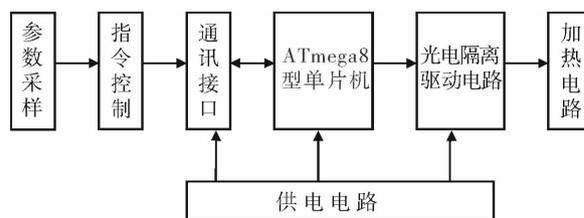


图 1 风传感器加热自动控制系统结构框图
Fig. 1 Wind sensor heating automatic control system

示。主要由参数采样、指令控制、串行通讯接口、ATmega8 型单片机、光电隔离驱动电路、加热电路等部分组成。

参数采样部分利用自动气象站测量的实时数据,通过自编软件提取自动气象站测量的实时气象要素指标,以温度为 $-5 \sim 0\text{ }^{\circ}\text{C}$,平均风速 $\leq 5\text{ m/s}$,空气相对湿度 $> 80\%$ 为临界值,确定指令控制电路是否发送指令。当达到设定标准时,通过通讯接口电路给 ATmega8 型单片机发出指令,再经过光电隔离驱动电路、控制风传感器防冻加热装置启动或停止工作^[4]。

采用电阻加热丝为风传感器防冻害元件,安置在风传感器内壳轴承套上方。使用交流 36 V 的安全电压作为加热电压,加热功率约为 8.6 W,以保证

对人体和仪器的安全。当水汽条件不具备凝结时,能够停止加热融冻,进而达到节约能源的目的。

2 硬件设计

2.1 通讯接口电路

因为 PC 机 RS232 串口采用的是 RS232 传输协议,它的高低电平分别为 -12 V 和 $+12\text{ V}$,与单片机的电平不一致,所以不能将 PC 机和单片机用电缆直接进行连接,在 PC 机和单片机之间必须增加一个 RS232/TTL 电平转换电路,即通信接口电路。通常选择专用的 RS232 接口电平转换集成电路,如 MAX232、HIN232 等,NIH232 和 MAX232 可以直接互换^[5-6]。这里选用 NIH232CP 芯片来完成串口接口电路(图 2)。

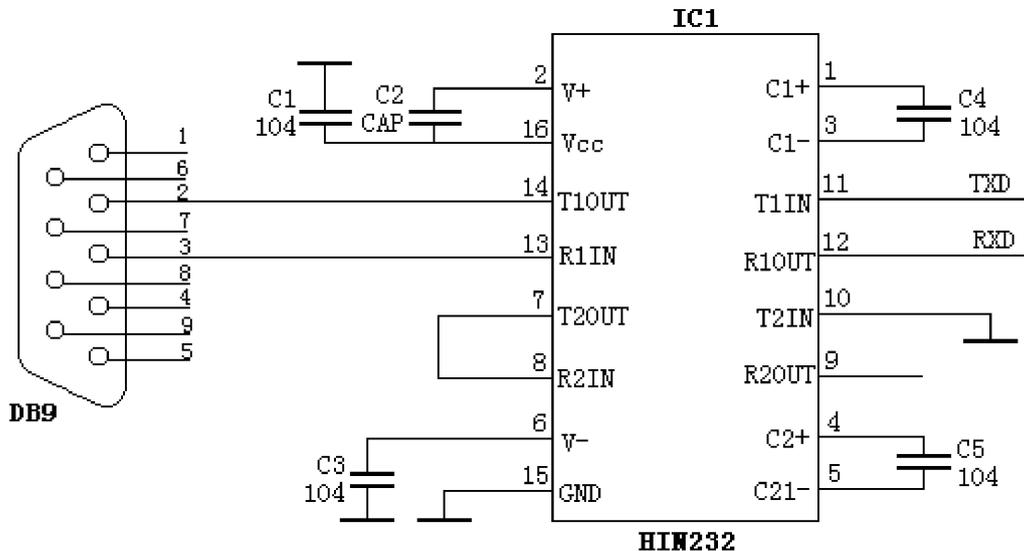


图 2 通讯接口电路

Fig. 2 Communication interface circuit

2.2 ATmega8 单片机控制电路

ATmega8 型单片机是 ATMEL 公司推出的一款采用低功耗 CMOS 工艺生产的基于 AVR RISC 结构的高档 Flash 型单片机。其核心将 32 个工作寄存器和指令集连接在一起,所有工作寄存器都与 ALU (算术逻辑单元)直接相连,实现了 1 个时钟周期执行 1 条指令同时访问(读写)2 个独立寄存器的操作。这种结构提高了代码效率,使得大部分指令的执行时间仅为 1 个时钟周期。因此,ATmega8 具有接近 1 MI/s/MHz 的性能,运行速度比普通 CISC 单片机高 10 倍^[7]。

ATmega8 型单片机内集成了执行速度为 2 个时钟周期的硬件乘法器、8 KB 的 Flash 程序存储器、512 字节的 E2PROM、2 个具有比较模式的 8 位定时器、1 个具有比较和捕获模式的 16 位定时器、3 路最大精度为 16 位的 PWM 输出、8 通道 10 位 A/D 转换器、PI/TWI 同步串口及 USART 异步串口。ATmega8 片内集成的众多系统级功能单元为控制系统的开发提供了很大便利。设计过程中,尽量通过软件编程简化硬件电路,有效缩短了开发周期。

在本系统的应用中,通过软件提取自动气象站测量的气温、平均风速、相对湿度 3 个实时气象要素

指标,确定了冻结、融化的气象要素临界值。当需要给风传感器加热时,通过接口电路给 ATmega8 单片机发送输出指令,使 ATmega8 的 PC0 端(23 脚)输出高电平,控制驱动电路使加热装置开始工作;当达到设定时间或不满足冻结条件时,发送一个停止加热指令,使 ATmega8 的 PC0 端(23 脚)输出低电平,控制驱动电路断开加热装置,使加热电路停止工作。从而达到自动气象站风传感器防冻保护的目的^[8]。ATmega8 单片机控制电路如图 3 所示。

2.3 加热驱动电路

ATmega8 的 I/O 口输出负载能力最大为 40

mA,无法直接驱动大功率设备,必须通过中间驱动电路实现单片机对功率设备工作状态的控制。实际应用中,通常采用继电器或交流接触器间接驱动。由于继电器或交流接触器具有机械接触特点,因而在很大程度上降低了控制系统整体的稳定性和可靠性^[9]。可控硅是功率开关型半导体器件,能在高电压、大电流条件下工作,具有无机械接触、体积小、便于安装等优点,广泛应用于电力电子设备中。为了避免机械接触开关的缺点,本系统选用以可控硅为主体的完全光电隔离的中间驱动电路。加热驱动电路示意图如图 4 所示。

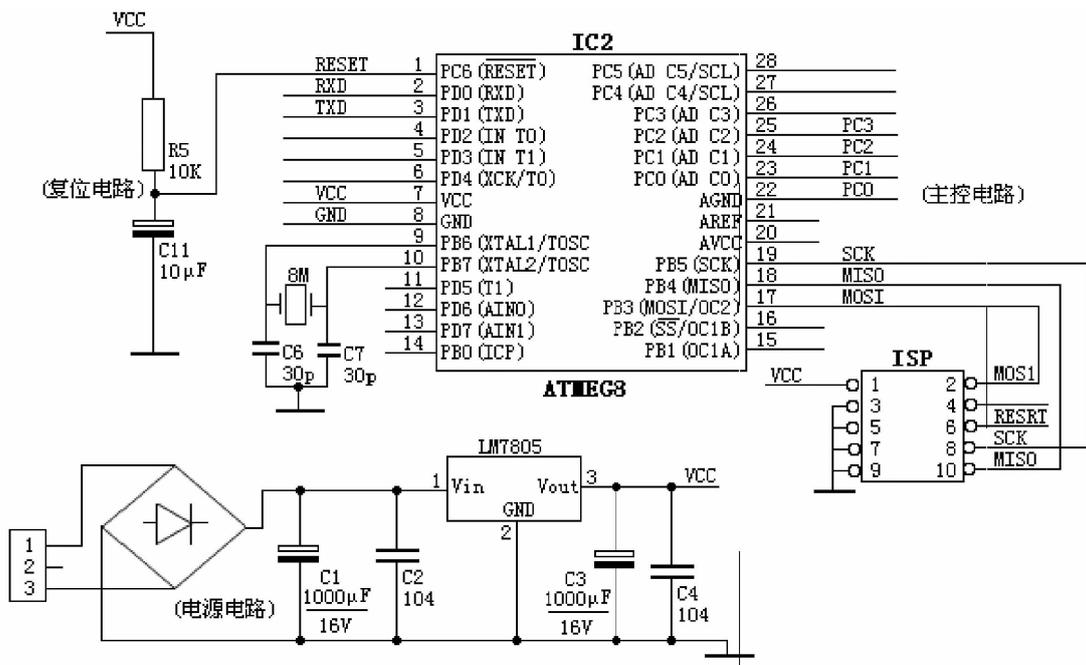


图 3 ATmega8 单片机控制电路
Fig.3 ATmega8 single - chip control circuit

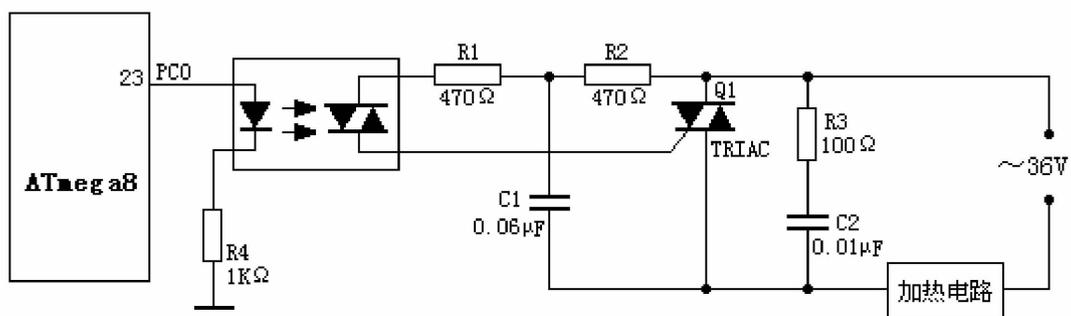


图 4 加热驱动电路
Fig.4 Heated driver circuit

当 ATmega8 的 23 脚(PC0 端)输出高电平时,通过限流保护电阻器 R4 的双向光电耦合器上电工作,双向可控硅 TRIAC1 栅极被经由 R1、R2 和双向光电耦合器的信号触发导通,加热电路得电工作;当 ATmega8 的 23 脚(PC0 端)输出低电平时,双向光电耦合器截止,双向可控硅 TRIAC1 栅极无触发信号被关断,加热电路断电停止工作。

电路中的 R3、C2 组成阻容吸收单元,可减小可控硅关断时加热电路中感性元件所产生的自感电动势对可控硅的过压冲击。R1、C1 组成低通滤波单元,能降低双向光电耦合器误触发对后续电路的影响。同时,双向光电耦合器的使用彻底隔离了强弱电路,避免了大功率器件对单片机的干扰。

2.4 加热元器件的选用

通过各类加热管、电阻式加热丝、陶瓷发热元器件的加热效果进行反复筛选,对观测数据的影响进行论证试验,最终选用电阻加热丝为风传感器防冻害的加热元件。

3 软件设计

控制程序由数据采集、参数设定、加热控制等部分组成。通过采集程序读取自动气象站自动生成的实时数据文件,提取气温、风速、相对湿度等指标数据^[10-11],若达到设定的临界参数时,通过串口给 ATmega8 发出控制指令,自动启动加热电路工作,待延时一定时间(达到设定的加热持续时间或不满足冻结条件时)发出停止加热指令,断开加热电路,关闭加热状态。也可以使用该软件选择“人工启动”方式,人工控制加热电路的启动与停止,达到自动气象站风传感器防冻、融冻的目的。

控制程序基于 Visual Basic 6.0 开发。使用微软公司提供的 MsComm 控件有效避免了直接调用 Win32API 造成的编程繁琐等弊端,以较少代码量实现本系统要求的全双工异步通信^[12-14]。用户可以通过该软件任意控制加热电路的运行。软件运行界面如图 5 所示。

控制程序一般安装在自动气象站监控微机上,便于读取实时观测资料。若安装在其它微机上,则必须设定实时观测资料的共享路径。若微机串口不够用,可以使用 USB 转 232 接口进行转换,但需安装 USB 线驱动程序,并在控制程序中正确设定串口的端口号。开发中使用笔记本电脑并安装 USB 线驱动程序试验运行通过。



图5 控制软件界面

Fig. 5 Control software interface

4 硬件安装

4.1 加热装置

自动气象站风传感器加热装置选用电阻加热丝为加热元件,安装在传感器内部。优点是:①由于对风流场不产生影响,没有机械摩擦影响,对测风光电计数器没有影响。因此,不影响观测数据准确性;②电阻加热丝装置具有易换性、易维护性、易维修和价格低廉等特点;③加热装置的预期寿命及周期为 2 a 以上,便于自动气象站定期维护。

4.2 加热导线和供电电源

自动气象站风传感器加热装置利用厂家预留的空间位置,导线与自动气象站供电线路走向相同,通过自动气象站风杆内部送到传感器,不影响美观,同时保证能抗雷击和电磁干扰^[15-17]。

使用交流电源变压器将自动气象站供电的 220 V 交流转换为 36 V(安全电压),作为加热电压,以保证对人体和仪器的安全。电热丝电阻为 150 Ω,加热功率为 8.64 W。整个电路体积小,重量在 1 000 g 以下,可以安放在采集器机箱内。

5 运行检验

此加热装置先期在家用电冰箱进行模拟试验,当 -18 ℃ 时,经加热元件加热表面温度保证在 5 ℃。试验中在传感器外表面安置了温度传感器,进行温度观测,若 > 40 ℃ 则自动断电,不会对传感器

元件造成热损伤和损害。在试验中未出现 $> 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的情况。

为了保证试验的对比性,在 2006 年 10 月 5 日至 2008 年 6 月 25 日进行了“自动气象站雨、雾凇和冰冻防冻害观测试验”。试验传感器(有加热装置)和业务用传感器(没有加热装置)均在观测场内,试验传感器架设在电接风铁塔上方,并与业务用风传感器保持相同高度。试验期间,恰逢 2008 年初全国最严重的低温雨雪冰冻灾害发生,从 2 月 28 日至 3 月 16 日,业务用自动气象站风传感器(未加装防冻装置)连续 17 d 冻结,试验用传感器(有加热装置)未发生一次冻结。

6 结 语

目前,国产自动气象站风传感器多采用三杯式风速传感器和长臂单叶风向传感器。在大气的近地面层,气流带有湍流性质,风场结构的湍流性质,导致雨雾凇在风传感器上冻结的不均匀。在全面了解雨凇、雾凇和冰冻形成条件的前提下,分析研究在不同气象条件下的防冻技术,根据严重覆冰的气象条件,确定温控融冻的临界指标。通过筛选各类元件和开发风传感器保护器,确定最佳发热功率,设计出自动气象站风传感器加热控制电路,能有效防御雨凇、雾凇和冰冻冻害对自动气象站风传感器的危害,确保观测资料的准确性和自动气象站正常运行。

自动气象站风传感器加热装置安装在传感器内部,对风流场不产生影响,没有机械摩擦影响,不影响观测数据准确性。加热装置的预期寿命及周期为 2 a 以上,可以随自动气象站检定周期进行检查维护,同时,电阻加热丝装置具有易换性、易维护性、易维修和价格低廉等特点。

参考文献:

- [1] 尹宪志,丁瑞津,王伟,等.自动站风传感器雨雾凇冻害研究[A].中国气象学会 2005 年年会论文集[C].
- [2] 吴有训,王进宝,王克勤,等.黄山雪雨凇和雾凇的气候特征[J].气象,1999,25(2):51-52.
- [3] 蒋兴良,易辉.输电线路覆冰及防护[M].北京:中国电力出版社,2002.
- [4] 胡汉才.单片机原理及系统设计[M].北京:清华大学出版社,2002.25-66.
- [5] 曹国华,高艺,姜涛,等.高速嵌入式单片机原理与接口技术[M].北京:国防工业出版社,2004.10.
- [6] 张庆辉.串行通信波特率自动检测方法及其软件实现[J].微机计算机信息,2002,18(12):57-58.
- [7] 马潮,詹卫前,耿德根,等.ATmega8 原理及应用手册[M].北京:清华大学出版社,2003.5-82.
- [8] 闫保中,虞凌宏,王仁龙.基于 AVR 高速单片机的 Web sever 的研究[J].应用科技,2006,33(3):25.
- [9] 何立民.单片机应用系统设计[M].北京:航空航天大学出版社,1992.
- [10] 中国气象局监测网络司.地面气象测报业务系统软件操作手册[M].北京:气象出版社,2005.157-192.
- [11] 中国气象局监测网络司.气象信息网络传输业务手册[M].北京:气象出版社,2006.20-36.
- [12] 高春艳,李俊民,张耀庭,等. Visual Basic 数据库开发关键技术与实例应用[M].人民邮电出版社,2004.118-159.
- [13] Christopher J. Bockmann 等. Visual Basic 程序员实用例库[M].北京:电子工业出版社,1999.31-62.
- [14] Microsoft. Microsoft Win32 程序员参考大全[M].北京:清华大学出版社,1995.68-151.
- [15] 胡玉峰.自动气象站原理与测量方法[M].北京:气象出版社,2004.27-3.
- [16] 尹宪志,郭爱民,卢会云. CAWS 型自动站与人工观测风速记录的对比分析[J].干旱气象,2006,24(1):57-59.
- [17] 尹宪志,徐启运,王伟,等.华家岭自动气象站防电磁脉冲设计[J].干旱气象,2004(增刊):68-70.

Design of Antifreezing Control Circuit for Wind Sensor of Automatic Weather Station

YUAN Baishun¹, YIN Xianzhi², XU Qiyun², YAO Yanfeng¹, LI Xiaofeng³

(1. Tianshui Meteorological Bureau of Gansu Province, Tianshui 741000, China;
2. Gansu Provincial Meteorological Bureau, Lanzhou 730020, China; 3. Gansu Provincial Meteorological Information and Technic Support and Equipment Center, Lanzhou 730020, China)

Abstract: Using three meteorological factors such as temperature, average wind speed, relative humidity measured by automatic weather station in real-time as the basic parameters, the critical meteorological index for freezing and melting of wind sensor in automatic weather station was established. The wind-driven sensor antifreezing heating device was controlled for automatic operation through the PC-RS232 communication interface, ATmega8-based single-chip and optoelectronic isolation circuit, which would realize the goal of the wind sensor antifreezing protection in automatic weather station.

Key words: automatic weather station; antifreezing; wind sensor; RS232 interface; singlechip; circuit design