

电子制冷隧道温湿度控制系统的设计与实现

冯媛¹, 赵振宇², 姚文波³, 杨玉凯², 张明空²

- (1. 郑州轻工业学院 计算机与通信工程学院, 河南 郑州 450001;
2. 东北师范大学 物理学院, 吉林 长春 130024;
3. 河南省电力公司 信阳供电公司, 河南 信阳 464000)

摘要:针对隧道的潮湿低温环境,设计并实现了基于STC12C5A32S2单片机的电子制冷温湿度控制系统.系统通过对温湿度数据进行固定时间间隔的突变检测及增加积分环节的措施,保证了数据的稳定性和准确性;反馈控制技术的采用使系统能够在较短时间内将温湿度调控至正常范围.测试结果表明,该系统可满足隧道中恶劣的环境要求,且运行稳定,性能良好.

关键词:电子制冷;单片机;隧道温湿度控制;反馈调节

中图分类号:TP273 **文献标志码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.2095-476X.2014.05.017

Design and realization of electronic refrigeration tunnel temperature and humidity control system

FENG Yuan¹, ZHAO Zhen-yu², YAO Wen-bo³, YANG Yu-kai², ZHANG Ming-kong²

- (1. College of Computer and Communication Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China;
2. School of Physics, Northeast Normal University, Changchun 130024, China;
3. Xinyang Power Supply Company, He'nan Electric Power Company, Xinyang 464000, China)

Abstract: According to the damp and low temperature environment in tunnel, a electronic refrigeration temperature and humidity control system based on STC12C5A32S2 was designed and realized. It detected the temperature and humidity algorithm after a certain time and added integrators to ensure the stability and the accuracy of the data. The feedback control technology was also used to make the controlling temperature and humidity to the normal range in short time. Testing results showed that the system could meet the requirements of harsh environment in the tunnel, and have stable running and good performance.

Key words: electronic refrigeration; mcu; tunnel temperature and humidity control; feedback control

0 引言

由于隧道内温度偏低、湿度偏高,容易引起电子设备短路,从而引发火灾以及各种交通事故,因此,认真研究、设计隧道的温湿度控制系统十分必要.目前,温湿度控制系统已在军事、医疗、实验室

装置、日常生活等很多方面^[1-2]有广泛的应用,但针对隧道局部小空间温湿度控制的研究很少.文献[3]对高速公路隧道智能温湿度检测系统进行了研究,但研究主要针对无线传感器网络传输温湿度数据,以达到预防火灾的目的,并没有涉及隧道小范围的温湿度控制.文献[4]讨论了电力隧道对温湿

收稿日期:2014-03-25

基金项目:国家自然科学基金项目(61272038);河南省教育厅科学技术研究重点项目(12A520048)

作者简介:冯媛(1978—),女,河南省平顶山市人,郑州轻工业学院讲师,硕士,主要研究方向为计算机网络与智能控制.

度的要求,但没有给出具体的控制方式.在目前的温湿度控制系统中,对温度闭环控制系统的研究已经逐渐成熟,且易于实现.在湿度控制领域,就制冷分式而言,主要分为压缩式制冷、吸附式制冷和电子式制冷3种^[5].电子制冷又称半导体制冷,根据半导体材料构成的P-N结,产生珀尔帖效应^[6],半导体材料不仅具有很高的热电势,而且制冷效率很高,其优良性价比非常适合用于小型制冷器.在隧道潮湿的环境中,半导体制冷由于没有机械传动部分,因此不会有磨损和噪音,且在制冷过程中无需制冷剂,相对于传统的压缩式制冷和吸附式制冷,更加环保.鉴于此,本文拟针对隧道里的特殊环境,使用电子制冷技术,设计和实现基于STC12C5A32S2单片机的温湿度控制系统,依据隧道中湿湿度的指标要求,将隧道局部空间的温湿度控制在合适的范围内.

1 电子制冷温湿度控制系统设计

1.1 系统总体结构

针对隧道温度低、湿度高、易引起配电箱中电子器件故障的问题,在隧道中的配电箱内安装温湿度控制系统,给配电箱提供合适的温湿度,以保护箱内其他电路正常工作.电子制冷温湿度控制系统硬件结构如图1所示.该系统总体工作流程为:首先通过箱外送风风扇将温度低、湿度高的空气吹到配电箱门外的冷凝器;经冷凝后,将初步除湿的空气吹入配电箱内加热,在加热过程中,电热丝风扇一方面给电热丝散热,另一方面将除湿升温后的空气吹到箱内各处;温湿度传感器将得到的温湿度数据传给单片机,单片机决定是降温还是升温除湿,最终再反馈给各个环节.

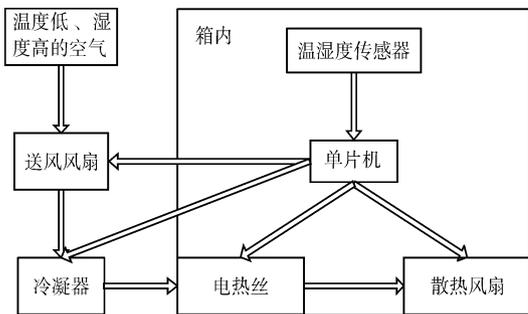


图1 电子制冷温湿度控制系统硬件结构图

1.2 系统结构设计

电子制冷温湿度控制系统主要分为4个主要模块,如图2所示.信息采集模块主要采集当前隧道环

境中配电箱里的温度、湿度;信息处理模块中单片机对采集到的数据进行处理;数据反馈调节模块,即温湿度调节模块,对配电箱的温湿度进行调节;人机交互模块帮助操作者尽快掌握仪器使用方法.

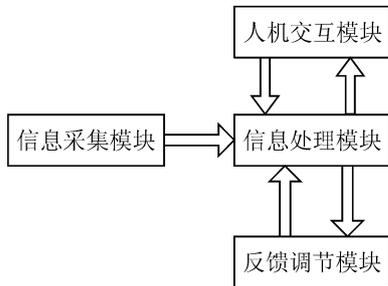


图2 电子制冷温湿度控制系统结构图

1.2.1 信息采集模块 信息采集模块由1个霍尔传感器和5个温湿度传感器组成.在系统实际运行时,箱外的空气通过小型送风风扇吹入箱内,利用霍尔传感器测量送风风扇的转速.信息采集模块将4个温湿度传感器放在配电箱的四角,4个角空间位置形成一个三棱锥;另外1个传感器放在配电箱中心位置,测量各自位置的温湿度.

1.2.2 信息处理模块 信息处理模块是电子制冷温湿度控制系统最关键的模块,其核心是STC12C5A32S2单片机.单片机通过霍尔传感器将采集到的风扇转速与预设值进行比较,判断送风风扇工作状态是否正常,若风扇转速不正常,则停止系统的一切运作来保障系统的安全.单片机将箱内5个不同位置读取的温湿度进行均值处理,得到当前温湿度,然后与预设值进行比较、处理,最后控制相应引脚从而实现对温湿度的反馈控制.

1.2.3 反馈调节模块 反馈调节模块是指单片机处理信息之后作出相应调整并反馈给信息源的环节,在本系统中主要分为电热丝驱动与控制电路、冷凝器驱动与控制电路.电热丝驱动与控制电路是通过单片机输出PWM波,并利用双运放芯片LM358为核心的滤波电路,将PWM波滤波为直流电平来控制单相调压模块,以实现单片机低电压对电热丝电压控制,从而控制电热丝的热量.冷凝器驱动与控制电路中,利用光耦将数字电路与模拟电路分开,以减少模数电路之间的相互干扰;在数字电路部分,用继电器实现小电流控制大电流,最后实现冷凝器的控制.

1.2.4 人机交互模块 为了使人机交互更加方便、快捷,系统采用LCD触摸屏显示预设的温度、湿度

范围,及当前温湿度、加热器和风扇进出口的状态,界面如图3所示。

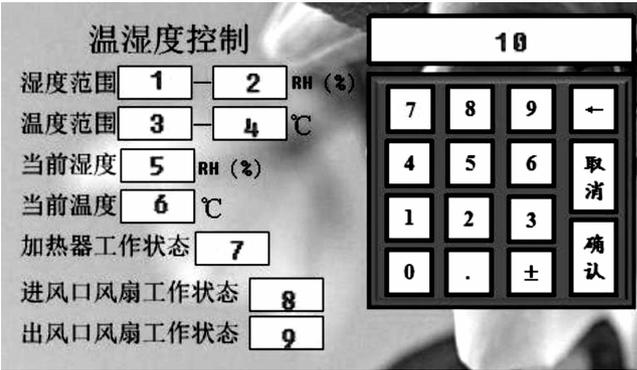


图3 温湿度控制系统 LCD 触摸屏界面

1.3 系统功能设计

针对隧道的特殊环境,对系统进行功能设计时主要考虑以下几点:配电箱能在设定范围内自动调节温度、湿度;控制器具有 LCD 显示功能,能够显示时间、日期、温度、湿度;具有数据掉电存储功能;具有手动就地控制时间、日期、预设温湿度数据的功能;具有与 PC 机交互及配电箱开机提醒功能等.从功能模块上主要分为温湿度调节、人机交互、其他功能 3 个功能模块。

1.3.1 温湿度调节 首先,温湿度调节模块通过多个温湿度传感器收集配电箱内的温湿度数据,将收集的数据在单片机中进行分析与综合,处理后得到配电箱平均温湿度,然后与预设值进行比较;如果温度较低、湿度偏高,则启动相应程序利用电热丝和半导体制冷片来升高温度、降低湿度;反之,如果温度偏高、湿度偏低,则降低电热丝与制冷片功率.在这个过程中,采用实时控制更新系统,不断收集更新当前配电箱内温湿度数值,实时调整电热丝的温度与半导体制冷片制冷程度,最终使配电箱的温湿度与预设值相同.通过对温湿度的闭环控制,可以将温湿度快速准确地控制在一个与预设值接近的范围。

1.3.2 人机交互 为了使人机交互更加方便快捷,本系统采用可触摸控制的 LCD 显示屏.可以在 LCD 上对预设的温湿度数值进行设置,也可以显示当前配电箱内的温湿度、加热器和风机的状态,使工作人员对配电箱内的环境一目了然。

1.3.3 其他功能 系统可通过 RS232 实现与 PC 机的串口通信,修改相应参数与数据;具有在线下载程序功能,方便日后对功能的完善与扩展;通过

LED 灯实现配电箱开机提醒以及掉电数据保护等功能。

2 电子制冷温湿度控制系统的实现

2.1 关键技术

在电子温湿度控制系统实现过程中,首先需要给单片机提供稳定、精确的温湿度数据,然后与预设的温湿度比较,将差值经过一个比例环节后,用来控制电热丝加热电路和冷凝器除湿电路.通过这些环节,便能够实现隧道小范围内的温湿度控制.这些环节中的关键技术是对数据的采集和对温湿度的反馈控制。

1)数据采集.在数据采集过程中,需要采集配电箱内当前的温湿度,其中温湿度的稳定性和准确性是数据采集的难点.针对稳定性问题,可以每隔一个固定的时间段对采集的数据进行一次突变检测,检测该时间段内采集的数据是否有个别数据有较大的突变,若有,则将这个数据舍弃,用下一个数据代替;针对准确性问题,可将经过稳定性处理后的数据增加 1 个积分环节,例如在本系统中,将 100 个温湿度数据作为一组,分别取这 100 个数据的 1%,然后进行积分,求出一个最终的温湿度数据。

2)反馈控制.在对温湿度反馈控制时,希望系统能够在较短时间内尽快使配电箱内的温湿度达到正常范围,并能够稳定下来,这个时间段称作反馈的作用时间或稳定时间.在系统性能指标中,稳定时间是一个重要的指标,因此需要了解不同环境下稳定时间的数值.在实际运行中,由于稳定时间与外界温湿度并不是简单的线性关系,所以,在本系统中,须测试不同温湿度环境中的反馈作用时间,并以时间为横坐标、以不同温湿度环境下的稳定时间为纵坐标,建立数学模型,对采集到的点分段进行处理,分别拟合出在不同温湿度范围内的函数.如此,方能够较好地解决这一问题。

2.2 系统测试结果分析

温湿度控制系统测试需要检查和验证该系统能否按照设计要求运行,还要测试在不同隧道环境中系统能否正常运行,以及是否满足客户提出的其他要求.本文设计的配电箱是 1 个体积为 0.064 m^3 的正方体,样机的制冷功率最大可以达到 100 W,加热功率最大可以达到 460 W.该温湿度控制系统最终要在辽宁省海棠山隧道潮湿低温环境下运行(隧道

年平均温度在 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下,平均湿度是 $85\% \text{ RH}$ 。在测试阶段,将样机放在不同的低温潮湿环境中进行测试,温度的调整目标是 $12\text{ }^{\circ}\text{C}$,湿度的调整目标是 $40\% \text{ RH}$,系统性能测试结果如表 1 和表 2 所示. 测试结果表明,本系统在极端的低温环境 ($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$) 下, 560 s 内可以把温度提升到 $12\text{ }^{\circ}\text{C}$; 在潮湿环境下 243 s 内可以将湿度从 $100\% \text{ RH}$ 降到 $40\% \text{ RH}$, 满足了设计要求,具有很好的应用价值.

表 1 温度控制测试结果

环境温度/ $^{\circ}\text{C}$	电热丝平均功率/ W	电热丝稳定时间/ s
-5	160	296
-10	288	363
-15	374	485
-30	450	560

表 2 湿度控制测试结果

环境湿度/ $\% \text{ RH}$	冷凝器平均功率/ W	冷凝器稳定时间/ s
55	50	138
75	87	173
85	92	236
100	100	243

3 结论

本文针对隧道中潮湿低温的环境,基于 STC12C5A32S2 单片机,设计并实现了电子制冷温

湿度控制系统,其关键技术是信息采集和反馈控制等. 测试结果表明,电子制冷温湿度控制系统能够完全满足隧道恶劣环境对温湿度的需求,提高隧道环境中电路的安全性、实用性、适应性,对关于隧道安全性研究也有参考意义. 虽然本系统能很好地满足隧道中关于保护电路的需求,但仍存在一定的不足. 比如在控制温湿度时,只能将温湿度控制在某个范围内,不能精确到某个确定值;系统只能保持密闭小空间的温湿度,当隧道中大范围空间开放时,如何维持适宜的温湿度将是下一步研究的重点.

参考文献:

- [1] 钟晓伟,宋蛰存. 基于单片机的实验室温湿度控制系统设计[J]. 林业机械与木工设备,2010,38(1):39.
 - [2] 张磊,赵建军,付腾. 基于模糊控制的烟叶烘烤系统设计与仿真[J]. 郑州轻工业学院学报:自然科学版,2009,24(1):1.
 - [3] 牛文良. 基于无线传感器网络技术的高速公路隧道智能温湿度监测系统的研究[D]. 长春:吉林大学,2012.
 - [4] 王志刚. 隧道内 500 kV 电缆中间接头环境控制分析及对策[J]. 上海电力,2010(S1):301.
 - [5] 谢玲,汤广发. 半导体制冷技术的发展与应用[J]. 洁净与空调技术,2008,15(1):68.
 - [6] 杨秀荣,刘媛媛,孟凡良,等. 基于半导体制冷的小空间控温除湿系统研究[J]. 现代科学仪器,2012,29(3):51.
- (上接第 73 页)
- [2] 黄益绍. 不确定非线性大系统分散自适应模糊控制算法与应用研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2009.
 - [3] 方洁,吴振军,梁万用. 双参数动力学系统的自适应混沌控制[J]. 郑州轻工业学院学报:自然科学版,2007,22(1):60.
 - [4] 吕光帅,潘丰,顾蕊. 基于非线性系统的高增益自适应 λ 跟踪控制研究[J]. 郑州轻工业学院学报:自然科学版,2005,20(4):85.
 - [5] Gu H J, Zhang T P, Shen Q K. Decentralized model reference adaptive sliding mode control based on fuzzy model [J]. Journal of Systems Engineering and Electronics, 2006,17(1):182,192.
 - [6] 孙丽颖. 基于 backstepping 方法的电力系统非线性鲁棒自适应控制设计[D]. 沈阳:东北大学,2009.
 - [7] 张健,刘允刚. 一类不确定非线性系统无过参数自适应控制设计新方法[J]. 中国科学:信息科学,2011,41(7):892.
 - [8] 满永超,刘允刚. 高阶不确定非线性系统线性状态反馈自适应控制设计[J]. 自动化学报,2014,40(1):24.
 - [9] Fan H, Ge S S. Adaptive state feedback control for a class of stochastic nonlinear systems [C]//43rd IEEE Conference on Decision and Control, Atlantis; Bahamas, 2004: 2996-3000.
 - [10] Ji H, Xi H. Adaptive output-feedback tracking of stochastic nonlinear systems[J]. IEEE Transactions on Automatic Control, 2006,51(2):355.
 - [11] Zhou J, Wen C. Decentralized backstepping adaptive output tracking of interconnected nonlinear systems [J]. IEEE Transactions on Automatic Control, 2008, 53(10):2378.
 - [12] Xie S, Xie L. Decentralized stabilization of a class of interconnected stochastic nonlinear systems [J]. IEEE Transactions on Automatic Control, 2000,45(1):132.
 - [13] Liu S J, Zhang J F, Jiang Z P. Decentralized adaptive output feedback stabilization of large-scale stochastic nonlinear systems [J]. Automatica, 2007,43:238.
 - [14] 张天平. 间接自适应模糊控制器的设计与分析[J]. 自动化学报,2002,28(6):977.
 - [15] 赵平,刘淑君. 一类虚拟控制系数未知的随机非线性时滞大系统的适应镇定控制[J]. 自动化学报,2008,34(8):912.