

基于单片机和ADT7420的电网负荷温控系统设计

针对传统电力网络负荷温度控制系统测量准确度低、控制效果差的缺陷,设计了一种基于单片机ADuC812和数字温度传感器ADT7420的温控系统。详细介绍了单片机、温度测量、晶闸管控制以及电源报警等关键模块的硬件电路设计,同时给出了软件主程序和温度控制子程序的实现流程。实验结果表明,所设计系统的温度控制效果要明显好于传统电网负荷温控系统,具有较高的控制准确度。

韩应江/河南建筑职业技术学院 侯 枫/三门峡职业技术学院



韩应江/副教授

关键词/Keywords

电网负荷·
温控系统·
单片机·
温度传感器·

作为民生保障系统的一个重要环节,电力网络的安全稳定运行一直是政府和企业关注较多的一个问题。尤其是结构复杂,且具有区域覆盖性质的大型电力网络,其运行的可靠性更是重中之重^[1]。在影响电网运行控制的众多因素之中,负荷温度是较为常用且非常重要的一个参数,直接关系到电网及其保护装置的正确、有效开/闭,同时可以为电网系统中其他环节提供有效的数据支持^[2-3]。

目前国内电力企业大多采用可编程序逻辑控制器(PLC)、大功率晶闸管和热电偶/阻等构成系统硬件电路,并配合传统PID控制算法来实现电网负荷温度的控制^[4]。这种传统方法尽管取得了一定的效果,但是随着电网结构复杂性的日益提高,其弊端逐渐显现。首先PLC的性能有限,且内部存储空间较小,不易运行一些较为先进的控制算法;其次传统的热电偶/阻等温度传感器无法直接输出温度值,需要配合一些信号放大、滤波等调理电路,容易受到周围环境的电磁干扰,而且温度采集的准确度和分辨率都不高,无法满足准确

控制的要求^[5-6]。

基于上述分析,本文将设计一个以高性能单片机ADuC812作为控制器,并辅以高准确度数字温度传感器ADT7420以及大功率晶闸管等器件的温控系统,从而实现对电网负荷温度的实时高准确度采集和控制。

系统总体方案设计

根据目前国内电力网络负荷温控的实际运行情况,本文所设计的负荷温控系统主要包括单片机、温度传感器以及大功率晶闸管等,系统整体结构如图1所示。

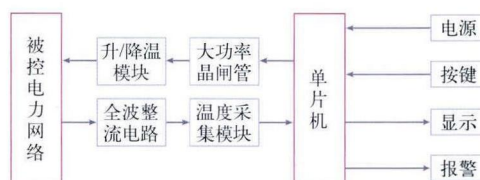


图1 系统总体结构

在图1中,单片机是整个系统的核心,主要负责控制算法的运行、温度数据的接收和控制信号的输出等;温度采集模块主要负责采集被控电力网络的温度;全波整流电路主要解决电力网络负荷温度信号频率混叠问题;电力网络的温度变化主要通过升/降温模块控制,而升/降温模块则由单片机通过大功率晶闸管来控制。除此以外,为了保证系统的可操作性,还添加了按键、液晶显示和声光报警等辅助电路。系统工作时,通过温度传感器实时采集电网温度,单片机读取温度值,然后通过控制算法输出控制信号给晶闸管,从而实现

对电网的温度控制。

系统硬件设计

1. 单片机选型及外围电路设计

单片机作为整个温控系统的核心控制器，选型非常重要，需要注意三点：①单片机的性能要足够高，内部存储空间要足够大，能够以较快的速度运行当前较为主流的智能控制算法；②单片机应具有足够的I/O接口，丰富的片上资源，以便于与其他器件电路相连接，也方便软件调试；③单片机应使用方便、成本低廉，不需要投入过多资金。

综合考虑以上三点，本文选择ADI公司的ADuC812型号单片机。ADuC812是一款集成的高性能单片机，最高工作主频达16 MHz，片内有8 KB的Flash程序存储器、640 B的Flash数据存储器以及256 B的SRAM，完全兼容8051指令集；片上资源丰富，包括12位高精度ADC和DAC、定时器/计数器以及SPI和IIC数字通信接口等，完全符合本文设计的要求。

ADuC812可工作在3 V或5 V电压下，支持在线调试和离线下程序，因此其外围电路设计较为简单，只需注意模拟部分和数字部分的隔离即可，其电路如图2所示。其中，ADM810芯片

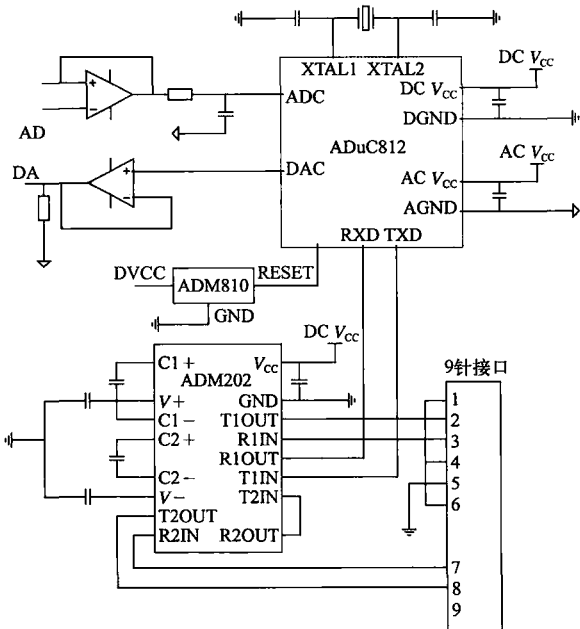


图2 单片机外围电路

负责输出高电平有效的复位信号；ADM202则主要实现232串口的通信和下载程序的功能。

2. 温度传感器选型及温控电路设计

温度传感器共包括模拟和数字两个类型，目前大多数的电力网络负荷温控系统使用的都是热电偶/阻一类的模拟温度传感器，虽然这类传感器对于温度的变化较为敏感，但是输出信号需要经过放大、滤波等调理过程，易感染噪声，而且温度数据准确度不高。已经有一些温度系统开始尝试使用数字温度传感器，但是所选用的都是DS18B20一类的简易传感器，测量准确度和分辨率都不高，信号传输距离有限。因此，本文综合考虑选用了ADI公司的高准确度、集成化芯片ADT7420作为温度传感器。

ADT7420是一款高准确度、高集成的数字温度传感器，可工作在较宽的电压范围内，支持低功耗模式，内置一个高准确度带隙温度基准源和一个ADC，可输出高达16位分辨率的温度数字信号，测温范围达到-20~+105℃，并且支持国际标准的IIC通信接口，完全满足电网负荷测温的需求。

由于本文所选单片机ADuC812片上自带标准IIC通信接口，因此它与ADT7420之间的电路连接较为简单，只需将对应接口相连即可，温控如图3所示。

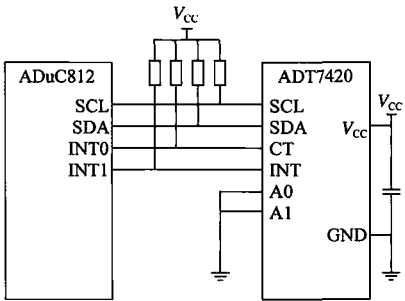


图3 温控电路

在进行温度测量过程中还需要注意一个问题，就是当电网受到外界因素干扰时，会使负荷温度信号出现频率混叠，从而导致恒温点出现明显波动。为了抑制这个现象的发生，保证温度测量的准确性和系统运行的稳定性，本文还设计了一个全部整流电路来滤除杂波的干扰，如图4所示。

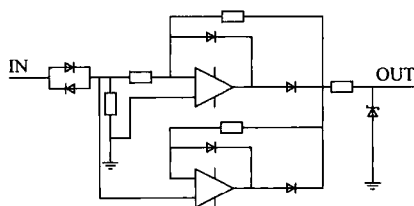


图4 全波整流电路

3. 晶闸管控制电路设计

从图1所示的系统总体结构可知，电网负荷温控系统中，单片机的控制信号直接输出给晶闸管，晶闸管根据接收到信号的大小，对升/降温模块进行控制。单片机给晶闸管输出的控制信号是线性可调的，这样升/降温模块对于电网温度的控制也是在一定范围内线性可调，从而实现对温度的控制。为了便于对晶闸管进行调节，同时保证控制信号的准确度，本文通过单片机的DAC端口给晶闸管输出信号，ADuC812的DAC准确度高达12位，完全可以实现准确调节，这部分电路如图5所示。

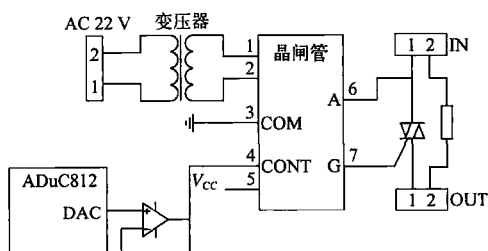


图5 晶闸管控制电路

4. 电源及报警模块电路设计

本文设计的温控系统由可以输出 $\pm 12\text{ V}$ 电压的直流开关电源供电， $\pm 12\text{ V}$ 电压直接用于全波整流电路中的运放供电，而 $+12\text{ V}$ 电源经过AMS1117-3.3三端稳压芯片转换出供单片机和温度传感器所用的 3.3 V 电源，并且通过电感磁隔离的方式构造出一个同级的 3.3 V 电源给单片机的模拟端供电，这部分电路如图6所示。

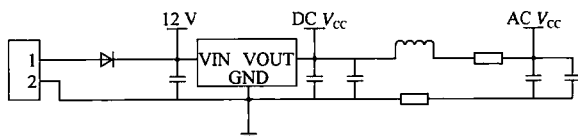


图6 电源电路

系统中的报警模块包括声和光两部分：其中声音报警通过蜂鸣器实现，光报警通过发光二极管实现。电路中利用一个PNP晶体管作为开关，当系统出现故障时，单片机输出低电平，触发晶体管导通，从而实现声光报警，这部分电路如图7所示。

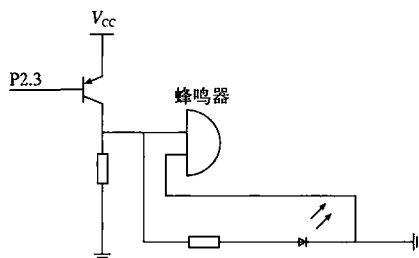


图7 报警电路

系统软件设计

1. 主程序流程设计

本文所设计的温控系统的主程序流程如图8所示。系统上电以后，首先进行必要的初始化过

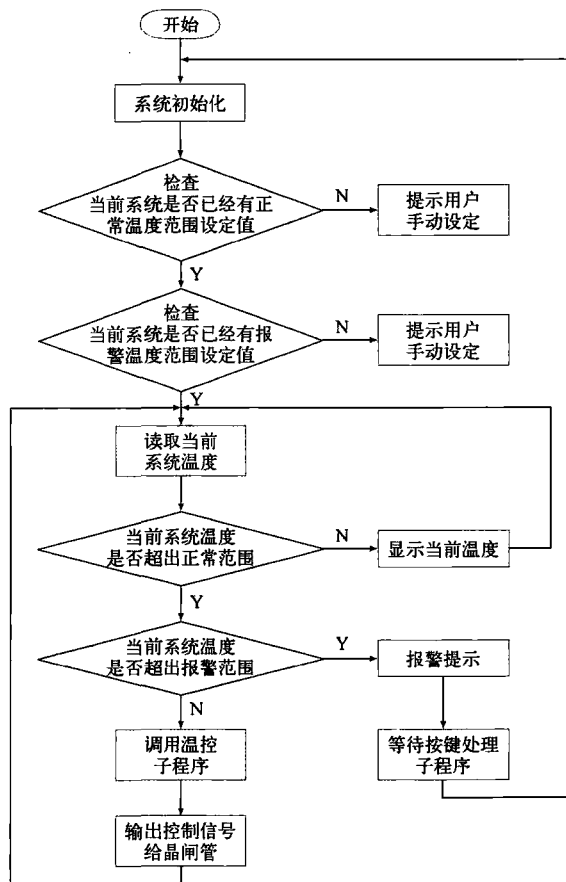


图8 系统主程序流程

程；其次系统自动检测当前是否已经设定好正常的温度范围值和报警温度范围值，如果没有设定，提示操作人员手动设定；最后系统会调用温度测量子程序，读取当前系统温度并进行判断，如果当前温度超出了正常范围，但是没有超出报警范围，则调用温控子程序计算控制输出值，并将控制信号输出给晶闸管；如果当前温度超出了报警范围，则立刻进行报警提示，并等待操作人员手动调整；如果当前温度正常，则直接显示即可。

2. 温控模块程序流程设计

温控模块采用图9所示的模糊PID控制算法结构。该算法在常规PID算法的基础上，增加了一个模糊化参数整定模块，该模块的输入为温度的偏差值以及偏差的变化率，输出为常规PID算法3个参数的调整变化值，这样就可以在系统运行过程中，根据情况变化实时地对PID算法的3个参数进行整定，避免了人为设定固定参数带来的不利影响。

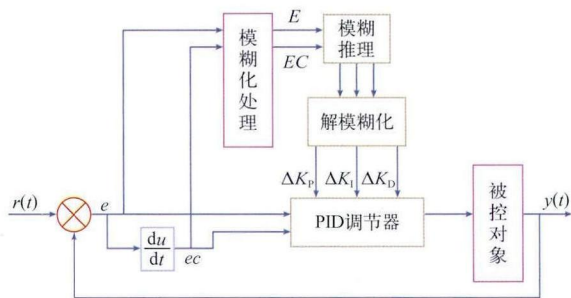


图9 模糊PID算法结构

系统在得到当前的温度值以后，会首先存放在内存之中，然后根据情况调用温控子程序。温控子程序在读取当前温度值以后，会首先计算温度偏差和偏差变化率，然后输入到模糊推理子程序中，计算出参数调整值以后，系统会将其与温度偏差、偏差变化率一起输入给PID子程序，最终计算得到控制输出值。具体流程如图10所示。

实验分析

为了验证本文所设计温控系统的准确性和有效性，以某大型电力网络为研究对象，实验数据

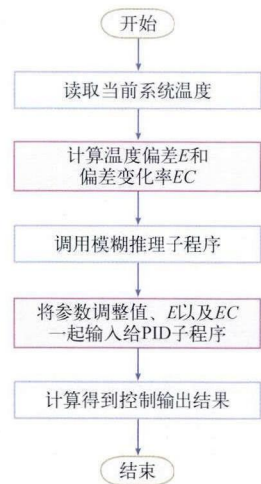


图10 温控子程序流程

为2014年上半年某时期内的负荷温度变化情况。同时使用传统温控系统和本文所设计的温控系统对研究对象的负荷温度进行实时控制，结果如图11所示。

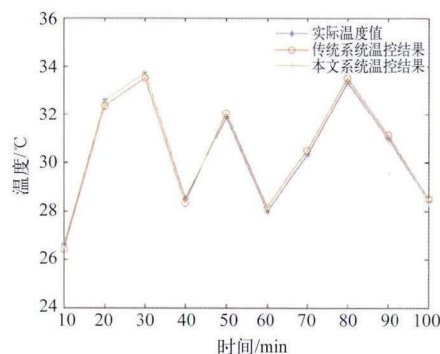


图11 温度控制结果比较

从图11的结果可以明显看出，本文所设计系统的温度控制结果要明显好于传统系统，温度偏差在0.023℃左右，而传统系统的偏差则达到了约0.196℃。由此可见，本文所设计的温控系统达到了预期要求，完全可以应用于电力网络的负荷温度控制。

结束语

本文设计了一种基于单片机和数字温度传感器的温度控制系统，可用于电力网络负荷的温度控制。对系统中的单片机、温度测量、晶闸管控制以及电源报警等关键模块的硬件设计进行了详细介绍；同时给出了系统软件主程序和温控子程

序的设计思想和流程。实验结果表明, 本文所设计系统的性能要明显好于传统温控系统, 温度偏差小于 $0.03\text{ }^{\circ}\text{C}$, 具有良好的控制性能。

参考文献

- [1] 徐长鸿, 李培强, 李欣然, 等. 温控负荷对电力系统低频振荡的影响 [J]. 电工电能新技术, 2013, 32 (2): 58-62.
- [2] 李文才. 基于AT89C52-DS1820的大型电力网络负荷温控系统设计 [J]. 电气应用, 2014, 33 (22): 88-92.

- [3] 黄绍川. 基于模糊PID大型电力机组温度过热控制 [J]. 控制工程, 2014, 21 (6): 1006-1010.
- [4] 苏梅芬, 杨俊华, 贺继胜, 等. 基于温控负荷的孤岛微电网建模与控制 [J]. 广东电力, 2014, 27 (1): 37-42.
- [5] 孙蓉. 基于模糊PID方法的大型电力机组温度过热控制 [J]. 电气应用, 2014, 33 (22): 59-62.
- [6] 任万荣, 李艳丽, 束娜, 等. 智能变电站智能控制柜温控系统选型研究 [J]. 电工技术, 2013 (8): 8-9.

(收稿日期: 2015-12-09) **EA**

(上接第108页)

电网的调度规则更新。仿真实验证明, 提出的调度模型同蚁群算法综合考虑了故障检测和配电网负荷均衡, 取得的方案获得了较好的时间优先级。

参考文献

- [1] 李云峰, 陈祥国, 武小悦. 配电网调度模型 [J]. 国防科技大学学报, 2007, 29 (6): 121-125.
- [2] Daminai S, et al. A continuous anytime planning module for an autonomous earth watching satellite [J]. Proc.of 4th international Workshop on Planning and Scheduling for Space, 2008.
- [3] 李云峰, 武小悦. 基于综合优先调度的配电网数传算法 [J]. 系统工程学报, 2007, 22 (6): 644-648.
- [4] 李云峰, 等. 遗传算法在配电网调度问题中的应用 [J]. 系统工程理论与实践, 2008, 28 (1): 123-131.
- [5] Savier J S, Das D. Impact of network reconfiguration on loss allocation of radial distribution systems [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2007, 22 (4): 247-248.
- [6] Wang Shouxiang, Li Xiaojing, Xiao Chaoxia, et al. Multi-agent approach for service restoration of

distribution system containing distributed generations [J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31 (10): 61-65, 81.

- [7] Wang Zengping, Zhang Li, Xu Yuqin, et al. Service restoration strategy for blackout of distribution system with distributed generators [J]. Proceedings of the CSEE, 2010, 30 (34): 8-14.
- [8] Xu Yuqin, Zhang Li, Wang Zengping, et al. Algorithm of service restoration for large area blackout in distribution network with distributed generators [J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2010, 25 (4): 135-141.
- [9] 杨丽君, 卢志刚, 文莹. 含异步风电机组的配电网故障恢复研究 [J]. 电网技术, 2010, 34 (2): 133-137.
- [10] 王增平, 张丽, 徐玉琴, 等. 含分布式电源的配电网大面积断电供电恢复策略 [J]. 中国电机工程学报, 2010, 30 (34): 8-14.
- [11] Xu Yuqin, Zhang Li, Wang Zengpin. Agent-environment-rules model based algorithm of service restoration for large-area blackout of distribution system [J]. Power System Technology, 2009, 33 (12): 66-71.

(收稿日期: 2014-09-15) **EA**