

商用冰箱集成控制系统研究

魏明楠 王子文

(河北联合大学机械工程学院 河北唐山 063009)

摘要:该文针对目前超市和酒店等大型机构对冰箱的管理与使用存在管理不便、设备采购及使用成本高,且恒温冷藏、冷冻效果差等问题,提出了一种基于CAN总线的冰箱集成控制系统,该系统将所有冰箱的核心控制器的功能集成在一个主控计算机内,对大量的冰箱进行集中控制,通过主控计算机界面对冰箱的运行情况进行显示。该文介绍了集成控制系统下冰箱控制系统的硬件构成,以及对实现温度控制、容霜以及故障报警功能的硬件设备,设计了对系统温度进行智能控制的Fuzzy-PID控制策略,并对集成控制的软件进行了仿真分析,该系统能够简化冰箱的控制系统结构,降低冰箱设备的使用成本。

关键词:商用冰箱 集成控制 总线 虚拟仪器 温度控制

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1672-3791(2015)01(a)-0097-02

冰箱如今已经作为人们日常生活的必需品深入到人们生活的每个部分,回顾冰箱产品的发展,从20世纪90年代以来,冰箱产品的发展越来越快,先后出现了由单片机控制的冰箱以及其它电器设备。目前的冰箱产品多是以家庭为单位,其冰箱做为一个独立的设备进行设计与制造,同时面向超市、酒店等大型机构的冰箱冷冻设备只是在体积和规模上做的更大,其本质上还是独立的硬件设备,在控制方式上也采用独立的控制,对于一个规模比较大的超市来说,需要采购上百台的冰箱,而每个冰箱的硬件结构都基本相同,都采用基本相同的控制器控制运行,核心控制器和操作面板的成本占冰箱绝大部分,这无疑是一种巨大的浪费。另外,现有的高档冰箱基本都是由单片机作为控制器,由于单片机的运算速度、存储容量有限,控制功能少,控制策略简单、固定,又由于超市、酒店冰柜操作频繁,很难实现恒温冷藏或冷冻效果。

针对上述问题,设计一种商用冰箱集成控制系统,该系统基于总线网络采用普通PC机作为主控计算机,将所有冰箱的控制和显示等功能集成在主控计算机内,可采用

智能控制策略对所有冰箱进行实时控制,将控制的执行元件和传感器等集成在冰箱内。采用集成控制既可降低控制器的能源消耗,大大降低了冰箱系统的成本,也可采用智能控制,确保冰箱恒温冷藏、冷冻效果。

1 集成控制系统的硬件设计

商用冰箱集成控制系统的硬件结构主要包括:(1)主控计算机,主要用于完成冰箱的温度控制、容霜控制以及故障报警功能。(2)CAN总线网络,主要负责主控计算机与受控冰箱的通讯连接。(3)受控冰箱设备,其内部的传感器信号的采集与压缩机的控制等功能由STM32单片机完成。系统的主控计算机采用普通运行Windows操作系统的PC计算机,对于计算机配置要求在此不做讨论,主要对集成控制系统的通信网络以及受控冰箱的信号采集及电源等设备进行设计。

1.1 系统内部网络通信设备

商用冰箱集成控制系统内部通信网络采用CAN总线,与无线通信方式相比,CAN总线的抗干扰性能具有显著优势,能够保证在外接强电磁干扰环境下的通信稳

定性,CAN节点硬件配置可靠,主控节点能够以广播的形式发送信息,实时性好。在该次设计时,在主控计算机端选用武汉诺比特机器人公司生产的USB-CANV2适配器作为通信设备,下位机冰箱节点选用TJA1050与STM32单片机作为下位机的通信设备^[1]。

1.2 冰箱内传感器与压缩机控制设备

冰箱内的温度与湿度的检测是温度控制以及容霜控制的基础,该方案采用AM2303型温湿度采集模块作为系统的温度与湿度传感器,该传感器在检测湿度时的精度能够达到 $\pm 2\%$,在检测温度时的精度能够达到 ± 0.3 ,对与冰箱冷藏室和冷冻室的温度湿度检测,这样的精度完全能够满足设计要求。STM32F103RCT6单片机最小系统拥有16通道的12位模数转换器、7通道的DMA控制器、16位定时器、USART接口、CAN接口(2.0B)和USB2.0全速接口(12Mbps)等功能接口。其通过内部的定时器TIM1和TIM2可以产生6路带死区控制的PWM型号,可以直接控制带有三相直变频压缩机的能力^[2-3]。

1.3 系统电源模块

该次设计中STM32单片机的供电电压范围为2~3.6V,通常对其供电的电压为3.3V。温湿度采集模块AM2303的供电电压为5V,同时对冰箱电源开关的控制需要采用继电器,其供电电压为24V,综合考虑后选择24V为外部电源的供电电压,其外部供电电源采用爱浦电子生产的WA5-220S24D3型直流模块电源,其输入电压范围为AC120~380V,输出电流为210mA。同时设计了24V转5V电源以及5V转3.3V电源电路来完成对节点系统的供电。其中24V转5V电源通过TPS5430电源转换芯片完成,其正常最大输入电流为4A,输入电压为5.5~36V。其最低电压输出为1.22V。5V转3.3V电源的供电电路采用ASM1117低压差电压调节器作为转换工作的控制芯片,其电压输出范围为1.2V~37V,负载稳定电流为800mA,ASM1117也具有电流限制与热保护能够长时间稳定运行,同时ASM1117的线性调整率与负载调整率也比标准的固态稳压器好。

1.4 容霜加热模块

该次设计的冰箱容霜模块,采用电阻丝辅助加热的方式来加快冰箱的容霜,加热电阻丝,加热控制的控制电路由MOC3021型光电耦合器以及型号为

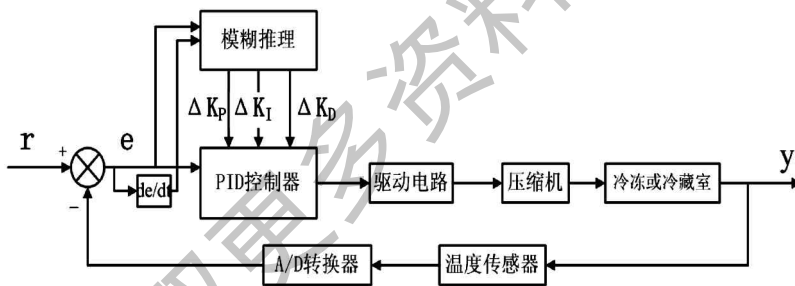


图1 自适应模糊PID控制器结构

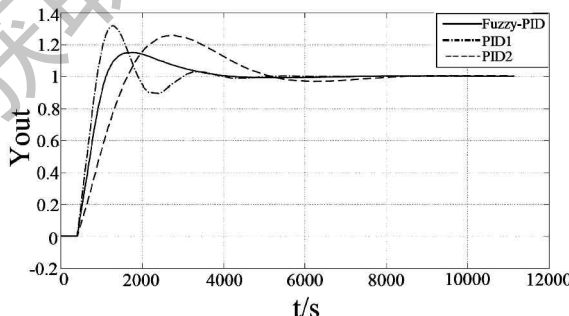


图2 Fuzzy-PID与普通PID的阶跃响应曲线

作者简介:魏明楠(1988—),男,河北唐山人,硕士,研究方向:机电系统测控技术。
王子文(1956—),男,河北人,硕士,教授,研究方向:机电控制学。

表1 KP的模糊控制规则表

E	EC						
	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	PM	PS	PS	ZO	NB	NM	NS
NM	PM	PS	ZO	ZO	NB	NM	NS
NS	PS	ZO	ZO	ZO	NB	NM	NS
ZO	PS	PS	ZO	ZO	NS	NS	NS
PS	NB	NB	ZE	ZO	ZO	ZO	ZO
PM	NB	NB	PS	PM	PB	PB	PB
PB	NB	NS	NM	ZO	PB	PB	PB

表2 KI的模糊控制规则表

E	EC						
	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB
NM	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB
NS	ZO	NS	NS	NM	NB	NB	NB
ZO	PM	PM	PM	PB	PM	PM	PM
PS	NB	NB	NB	NM	NS	NS	ZO
PM	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB
PB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB

表3 KD的模糊控制规则表

E	EC						
	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	NB	NS	ZO	PM	PM	PB	PB
NM	PM	PM	PS	PM	PM	PB	PB
NS	ZO	NS	NM	PS	PS	PB	PB
ZO	PB	PS	PS	PS	PS	PM	PB
PS	PB	PB	PB	NB	PS	PM	PB
PM	PB	PB	PB	NB	PS	PM	PM
PB	PB	PB	PB	NB	NB	NB	NB

BTA41600B可控硅组成,电阻丝采用 220 V 工频交流电源供电在需要加热容霜时,加热控制端转换为低电平,电阻丝开始加热,当化霜停止进入滴水时间时,则改为高电平,电阻丝停止加热。

2 集成控制系统控制策略及软件设计

目前使用的商用冰箱,如超市,其在使用时都是大量集中的使用,而单个冰箱采用内部的控制器对冰箱的冷冻或冷藏室的温度进行独立控制,为了降低制造成本其控制器一般采用单片机来实现,因此,冰箱的温度控制策略的选择也受到硬件设备的局限,导致控制效果不是很好^[4-6]。该次设计的商用冰箱集成控制系统采用主控计算机对各个子冰箱的冷冻冷藏室温度进行集中控制,在主控计算机中利用其硬件优势可以实现较为复杂的控制策略,该次设计对冰箱冷冻冷藏室的温度控制采用 Fuzzy - PID,此控制器采用主控计算机通过软件的编程的方式实现, Fuzzy - PID 的输入量为温度偏差 E 以及温度偏差的变化 EC,其控制器结构如图1所示。

根据参数 K_p 、 K_i 、 K_d 对系统动态特性和静态特性的影响,模糊控制规则依以下原则制定。

(1)若偏差 $|E|$ 较大,为了加快系统的响应速度,取值如下:

当 $E < 0$: $EC > 0$ 时, K_p 取较大值, $K_d = 0$, $K_i = 0$ 值; $EC < 0$ 时, K_p 取较大值, K_d 取较

大值, $K_i = 0$ 值。当 $E > 0$, $EC > 0$ 时, K_p 取较大值, K_d 取较大值, $K_i = 0$ 值; $EC < 0$ 时, K_p 取较大值, $K_d = 0$, $K_i = 0$ 值。

(2)若偏差 $|E|$ 处于中等,为了使系统响应的超调量减小,使稳态误差减小,取值为:

当 $E < 0$: $EC > 0$ 时, K_p 取中等值, $K_d = 0$, $K_i = 0$ 值; $EC < 0$ 时, K_p 取中等值, K_d 取较大值, $K_i = 0$ 值; $EC < 0$ 时, K_p 取中等值, $K_d = 0$, $K_i = 0$ 值。

(3)当偏差 $|E|$ 较小,为了使系统响应的超调量减小,使稳态误差减小,取值应为:

当 $E < 0$: $EC > 0$ 时, K_p 取较小值, $K_d = 0$, K_i 较小值; $EC < 0$ 时, K_p 取较小值, K_d 取较大值, K_i 中等值; $EC > 0$ 时, K_p 取较小值, K_d 取较大值, K_i 中等值; $EC < 0$ 时, K_p 取较小值, $K_d = 0$, K_i 较小值。根据以上原则,可以得到 K_p , K_i , K_d 的模糊控制表, K_p , K_i , K_d 为采用常规方法整定的 PID 控制参数则

$$K_p = K_p' + \Delta K_p \quad (1)$$

$$K_i = K_i' + \Delta K_i \quad (2)$$

$$K_d = K_d' + \Delta K_d \quad (3)$$

模糊控制规则如表1、表2、表3所示。

冰箱冷冻冷藏室温度控制策略采用 Fuzzy - PID,其控制器性能通过 Matlab 的 Simulink 仿真后结果如下:

冰箱冷冻冷藏室的温度控制系统模型

$$G(s) = \frac{1.93}{2440s + 1} e^{-430s} \quad \text{Matlab程序运行}$$

后仿真结果如下,模糊PID控制器与普通PID控制的单位阶跃相应曲线如图3所示,其中PID1为采用扩充临界比例法确定参数的PID控制器,其超调量 $d = 31\%$,调节时间 $t_s = 9\ 500\ s$ 。PID2为采用阶跃曲线法确定参数的PID控制器,其超调量 $d = 23\%$,调节时间 $t_s = 11\ 000\ s$,而Fuzzy - PID控制器超调量 $d = 16\%$,调节时间 $t_s = 7\ 800\ s$ 。

与PID控制器相比,Fuzzy - PID控制器相应相对迅速,调整时间短,更重要的是采用Fuzzy - PID控制器的受控系统能够迅速稳定,在实际应用中较小的超调量与调整时间能够有效的降低设备的能耗,并且能快速达到良好的温度控制效果。

软件采用LabVIEW软件开发完成,其主要包括对冰箱的冷冻室和冷藏室的温度控制,以及冰箱容霜控制和故障报警。受控冰箱的压缩机驱动控制以及传感器数据的传输控制通过编写STM32单片机程序完成。CAN总线通信作为上下两层设备的通信进行传输,其中主控计算机为主节点,冰箱设备为子节点,数据的传输采用问答的形式。

3 结语

集群用冰箱采用CAN总线通讯技术,将所有冰箱的控制功能和控制器集成在主控计算机内,采用Fuzzy - PID控制策略,实现集成控制,通过仿真分析,得出以下几点结论:(1)简化了普通冰箱的系统结构,大大降低冰箱的制造以及采购成本;(2)通过对控制界面的集中显示,既可以减少从业人员,又便于对大量冰箱设备进行集中监控。(3)对冰箱内冷冻室和冷藏室采用模糊控制策略,能够保证有较小的调整时间,在超市、宾馆等开启冰箱门频率较高的场合实现冷藏、冷冻室温度的恒定。

参考文献

- [1] 武汉若比特机器人有限公司. USB - CAN适配器说明书[EB/OL]. [2014 - 10 - 20]http://robotell.jdol.com.cn/gongying/2989880.html.
- [2] 广州周立功单片机发展有限公司. TJA1050高速CAN 收发器说明书[EB/OL]. [2014 - 10 - 20]http://www.zlgmcu.com/philips/can/tja1050_c.asp.
- [3] 王永虹,徐伟,郝立平. STM32系列ARM Cortex - M3微控制器原理与实践[M]. 北京: 国防航空大学出版社, 2008.
- [4] 张立国,丁志刚,彭娟春. CAN/GPRS车载网关设计与应用[J]. 计算机应用与软件, 2011, 28(5): 98 - 101.
- [5] 严大考,李猛,郭朋彦,等. 基于Matlab的智能车软件系统设计与仿真[J]. 计算机应用与软件, 2014, 31(1): 256 - 259.
- [6] 陈轶辉,赵树忠. 基于虚拟仪器的比例溢流阀调压测量系统的设计与实现[J]. 计算机测量与控制, 2012, 20(6): 1504 - 1506, 1510.