

智能分体空调节电器研制

刘瞰东, 吕洪达, 刘智, 彭侠夫

(厦门大学 自动化系, 福建 厦门 361005)

摘要: 针对空调、冰柜等家用高能耗制冷设备, 开发一种新型空调智能节电器; 该节电器根据地区气候区划的不同, 选择相应节电模式; 同时, 根据一天 24h 室内外昼夜温差的变化规律, 自动调整节电率, 优化压缩机运行曲线, 充分利用制冷剂的余冷, 实现对空调、冰柜等压缩机设备的优化控制, 达到节约电能的目的; 另外, 在温度检测模块的作用下, 控制室内温度不超过预先设定范围, 保证节电与人的舒适度; 节电器硬件电路以 8 位微处理器为核心, 外接瞬态型 SC2272-M4 遥控解码芯片、开关电源、实时时钟、温度检测等模块; 软件设计主要由初始化、键码采集、按键处理、参数保存、温度检测、压缩机控制等部分构成; 经测试, 节电器制冷与制热节电率分别达到 27% 和 22%, 市场应用前景广阔。

关键词: 智能节电器; 节电模式; 节电率

Design of Intelligence Electricity-economized Device of Air-condition

Liu Tundong, Lv Hongda, Liu Zhi, Peng Xiafu

(Department of Automation, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: Air-condition intelligence electricity-economized device is a new electricity saving product, which is developed in view of high energy consumption refrigeration equipment, such as air-condition, refrigerator. This device can modify the electricity-economized mode by the change of region, climate, time and temperature. It optimizes the air-condition's operating curve and makes the best of the over-plus cold or heat air, decreasing the starting times of the compressor system to realize the electricity saving control of the air-condition and refrigerator. The hardware is composed of MCU HT48R70A-1, transient remote control decoding chip SC2272-M4, power integration, digital thermometer, etc. Software includes initialization, key gathering, key processing, parameter preservation, displaying and compressor control, etc. The electricity-economized rate of refrigeration and heating respectively achieves 28% and 21% by test, and it has a broad market application prospect.

Key words: air-condition electricity-economized device; electricity-economized mode; electricity-economized rate

0 引言

当前, 能源环境问题日益突出, 节能问题越来越受世人关注。据统计, 我国分体空调耗电量达 400 亿度/年, 折算电费逾 200 亿元, 节电潜力巨大。因此分体空调节电器的研制意义重大。目前, 分体空调节电器按控制原理可分为 4 类: 其一, 通过对空调感温头周边温度进行调节, 从而控制压缩机的运行方式(启、停或转速), 如深圳产“HR 空调节电器”, 但舍弃原感温头的控制作用, 不能做到与感温头的协调; 其二, 通过跟踪压缩机负载变化, 减少压缩机运行时间而实现节电目的, 如杭州产“GLS 空调节电器”, 但难以维持目标温度不变, 无法保障对舒适度的要求; 其三, 通过将空调室内机的冷凝水回淋到室外机的散热翅片管上, 利用冷凝水汽化带走热量, 达到节能目的, 如中国科学院力学研究所正在研制的空调节电器, 但需要专门的雾化装置, 并且雾化水汽对室外机的散热翅片有腐蚀性; 其四, 通过利用制冷剂的余冷提高制冷效率, 并设置固定节电率控制压缩机的启停, 如上海产“DFJ 空调节电器”, 但需手动设定, 不能实时反映昼夜温差变化。本文研制的新型空调智能节电器, 根据用户所处地区气候区划的不同, 选择相应节电模式, 体现节电器的宏观准确性; 并根据一天 24h 室内外昼夜温差变化规律, 自动调整节电率, 体现节电器的实时精确性; 同时, 根据人体舒适度的要求, 设定温度的上下限, 在

温度监测模块的控制下, 自动切换节电状态与非节电状态; 另外, 可通过遥控器启停, 设定节电器, 方便用户使用。

1 分体空调节电器基本原理

1.1 空调压缩机制冷与运行机理

空调压缩机通常采用蒸汽压缩式制冷, 属于相变制冷(汽化)方法。其制冷系统主要由四大部件所组成(蒸发器、压缩机、冷凝器、节流机构), 通过管路把这 4 个部件连结在一起。制冷剂在蒸发器—压缩机—冷凝器—节流机构—蒸发器中周而复始地循环, 经历着汽化—压缩—凝结—节流—汽化的状态循环变化, 从而把热量由低温的被冷却介质(如水或空气)转移到高温的冷却剂(冷却介质)中去。实现这种由低温到高温的热量传递的代价是在压缩机中消耗了功^[1]。

1.2 空调节电器节电原理

空调节电器是通过优化空调压缩机运行曲线, 充分利用空调整冷的剩余冷(热)量来提高制冷(热)效率, 具体体现在以下几个方面。

(1) 气候区划确定相应节电模式: 《民用建筑热工设计规范》(GB50176-93) 将我国气候区划系统分为五个区, 分别为严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区、夏热冬暖地区和温和地区^[2]。我国地域广阔, 气候变化多样。本节电器首先根据我国气候区划系统的五类地区, 选择相应节电模式, 不同地区对应不同节电率, 达到最佳节电效果。

(2) 室内外温差自动调整节电率: 在控制室内温度达到目标值的同时, 室外温度是不断变化的如图 1 所示。根据室内外昼夜温差变化规律, 将一天 24h 分为多个时段, 节电器自动调

收稿日期: 2009-01-16; 修回日期: 2009-02-20。

基金项目: 福建省科技计划重点资助项目(2008H0060)

作者简介: 刘瞰东(1970-), 男, 副教授, 博士, 主要从事嵌入式智能信息处理与控制方向的研究。

整节电率，优化压缩机的运行曲线，充分利用空凋制冷（热）的剩余的冷（热）量，有效避免压缩机的频繁启动，达到节约电能的目的。

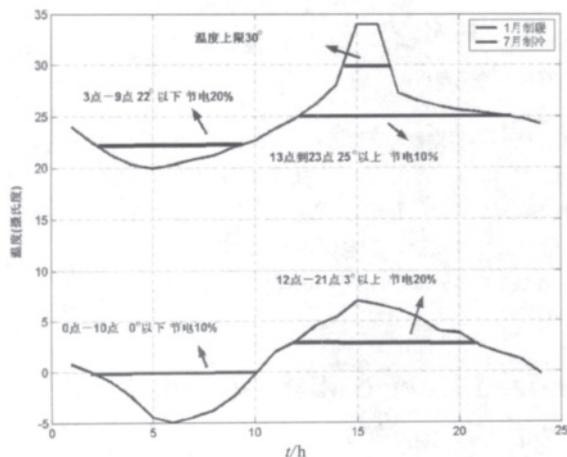


图1 夏热冬冷地区1、7月份温度曲线图

(3) 温度越限自动切换节电状态：目前，夏季大部分空调的设定温度为 24~26℃，而一些公用建筑中空调温度控制得更低，甚至低于 22℃，不但浪费能源，同时舒适性很差，并且是导致“空调病”发生的主要原因。根据人体舒适度要求，设定温度的上限 28℃，下限 22℃，在温度模块的作用下，检测室内温度是否越限，超出上限，自动切换至非节电状态，超出下限，自动切换至节电状态。

2 空凋节电器硬件设计

节电器硬件分为 8 个模块：MCU 模块、状态显示模块、参数设置模块、电源模块、遥控模块、温度监测模块、实时时钟模块、空调压缩机控制模块。系统框图如图 2 所示。

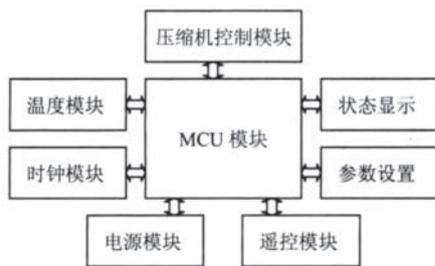


图2 系统硬件框图

2.1 MCU 模块

采用 HT48R70A-1 是一款八位高性能精简指令集单片机，专为多输入输出控制的产品设计。拥有低功耗、I/O 口稳定性高、定时器功能、振荡选择、省电和唤醒功能、看门狗定时器、蜂鸣器驱动以及低价位等优势，使此款多功能芯片可以广泛地适用于各种应用，例如工业控制、消费类产品、子系统控制器等。在本产品中，采用的是它的 48pin SSOP 封装。

2.2 状态显示及参数设置模块

节电器在运行时需要设置 2 个参数值：节电模式和当前时间，控制模块将根据这两个参数对空调的压缩机进行控制，从而达到节电的目的。

在电路中设置了 3 个按键，按键 A、B 用于参数的选择，

按键 C 用于参数的调节。电路中的 5 个数码管用来循环显示当前时间、室内温度以及节电率，2 个发光二极管用来指示节电器及空调的工作状态。

2.3 电源模块

本节电器工作电压为 5V 和 12V，为获得需要的工作电压同时节省制版空间，系统采用开关电源的设计。开关电源体积较普通的电源模块小，且损耗功率也较少，其效率可达 80% 以上。根据空凋节电器自身的功率消耗，本文设计的开关电源输出功率 < 3W。

2.4 遥控模块

遥控器上有 3 个按键，功能与节电器上的 3 个按键相对应。节电器内部解码芯片是 SC2272-M4，属于固定编码遥控方式。SC2272 是与 SC2262 配对使用的一块遥控解码专用集成电路，采用 CMOS 工艺制造，它最大拥有 12 位的三态地址管脚，可支持多达 531441 个地址的编码。

SC2272 的数据输出类型可分为锁存型和瞬态型。结合节电器上按键的特点，选择瞬态型的 SC2272 遥控解码芯片。

2.5 空调压缩机动作控制模块

根据空凋压缩机的运行特性及人体对温度的感适能力，通过一个继电器控制空凋内压缩机的运行状态，从而优化了空凋压缩机的运行曲线，达到调控温度及节省电能的功能。此外，继电器只控制压缩机的运行状态，并不控制空凋室外机的启停；所以，当空凋压缩机停止时，空凋的室外风机仍将工作，这样就能充分利用空凋中的余冷（热），从而达到很好的节电效果。

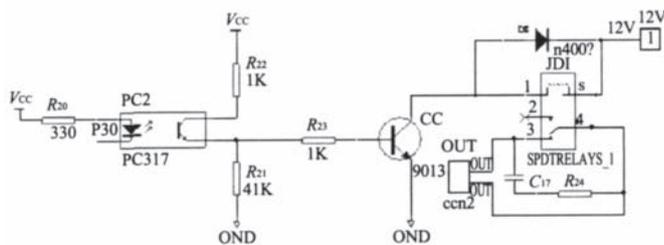


图3 空调压缩机动作控制模块

2.6 温度检测模块

采用的 DS18B20 芯片是美国达拉斯半导体公司生产的新型温度检测器件，它是单片结构，无需外加 A/D 即可输出数字量，通讯采用单线制，同时该通讯线还可兼作电源线，即具有寄生电源模式。它具有体积小、精度易保证、无需标定等特点，特别适合与单片机合用构成智能温度检测及控制系统。

2.7 实时时钟模块

为了获得节电器控制运行所需要的精确时间，采用兴威帆公司生产的高精度实时时钟芯片 SD2300API，它内置晶振，具有两线式串行接口。该芯片可保证 ±5ppm 的时钟精度（在 25 ± 1℃ 下），即年误差小于 2.5min；芯片内置充电电池，即使在外部掉电情况下，时钟使用寿命也可超过五年；此外，通过外接的温度传感器可设定适应温度变化的调整值，以实现宽温范围内的高精度计时功能。

3 空凋节电器软件设计

3.1 软件算法机理

首先，根据我国五类气候区划代表城市一年中不同月份的气候特征，确定该月的制冷或制暖模式；然后，依据一天 24h 室内外温差的实时变化，确定当前节电率；最后，根据人体舒

适度的要求, 通过检测室内温度是否超出设定值上下限, 自动切换节电与非节电状态。

以夏热冬冷地区的代表城市上海 6-9 月制冷状态为例, 根据不同月份每天 24h 室内外温差的实时变化, 确定相应的节电率如图 4 所示。

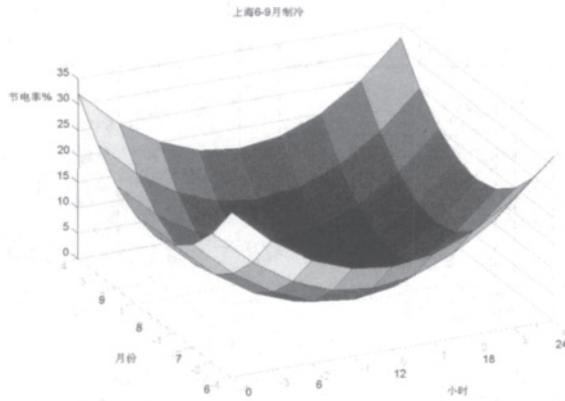


图4 上海6-9月制冷节电率设定曲面

由上图可以看出, 在不同月份每天不同的时间段里, 随着室内外温差的实时变化, 节电率得以自动智能调节, 使得保障人体舒适度的同时达到节约电能的目的。籍此得到的相应节电率控制值如表 1 所示。

表 1 夏热冬冷地区节电控制表

月份	状态	时间	平均温度	节电率
1月	制暖	0-8	-3.70	10%
		9-17	5.02	20%
		18-23	1.37	15%
2月	制暖	0-8	-0.40	15%
		9-17	6.59	20%
		18-23	1.93	15%
3月	制暖	0-8	3.48	15%
		9-17	8.94	20%
		18-23	5.23	20%
6月	制冷	0-8	19.46	35%
		9-18	24.64	20%
		19-23	20.39	35%
7月	制冷	0-7	20.94	30%
		8-18	26.66	15%
		19-23	24.73	20%
8月	制冷	0-7	23.09	20%
		8-18	27.82	10%
		19-23	24.44	20%
9月	制冷	0-7	19.54	35%
		8-17	24.10	20%
		18-23	21.33	30%
11月	制暖	0-8	5.90	25%
		9-17	12.19	30%
		18-23	9.77	25%
12月	制暖	0-8	0.60	15%
		9-17	6.03	25%
		18-23	2.64	20%

3.2 软件设计

本节电器软件采用 C 语言编程, 程序流程图如下:

程序根据功能可分为 6 个模块: 初始化模块、按键模块、显示模块、温度模块、实时时钟模块和压缩机控制模块。

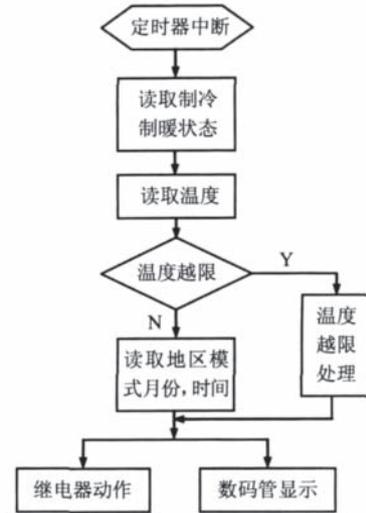


图5 程序流程图

(1) 初始化模块: 上电复位后, 系统立即执行初始化程序, 其中包括对定时计数器 TIME1 的初始设置及读取 E2PROM 中的节电参数, 并把节电参数赋给计数器变量, 同时初始化显示数据, 设定系统中断允许, 启动 TIME1^[3]。

(2) 按键模块: 电路上有 3 个功能键 (遥控器上的 3 个按键与其对应), 程序中采用循环查询的方式获取键码。

按键的处理主要是对实时时钟的校验, 以及用户所处的地区模式的设置, 采取边调节边存储, 并以点亮小数点标识被调节的参数。

3 个功能键 (A、B、C、) 的定义如下: 长按 A 键 1s, 进入地区模式设置状态, 最后两个数码管分别显示当前地区模式, 其他数码管熄灭, 按 C 键对节电模式进行调节, 完成后再按 A 键退出, 将地区模式存入 E2PROM; 长按 B 键 1s, 进入时间设置状态, 按照年、月、日、星期、小时、分钟的顺序依次设置完成后, 按住 B 键 1s, 退出时间设置状态; 按下 C 键, 节电参数将依次递增。

(3) 显示模块: 节电器上的 2 个 LED 指示灯、5 个数码管, 根据当前时间、室内温度、节电率、工作状态动态显示相关信息, 其中数码管采用动态扫描的方式显示。

(4) 温度检测模块: 温度芯片 DS18B20 对当前室内温度实时检测, 实现了制冷、制暖上下限的保护, 为避免继电器频繁通断, 预先设定上限和下限都有 1° 的公差, 防止因为温度的偶然读错出现继电器的误动作。程序部分代码如下:

```

if((t>TempMaxup&&HCFflag==1)||((t<HTempMinbl&&HCFflag==0)) {relay=0;TempMaxFlag=1;TempMinFlag=0;} // 制冷时温度高于上限, 制暖时温度低于下限, 非节电
if(t<TempMinbl&&HCFflag==1) {relay=1;TempMinFlag=1;TempMaxFlag=0;} // 制冷时温度低于下限, 全速节电
if(t>HTempMaxup&&HCFflag==0) {relay=1;TempMinFlag=1;TempMaxFlag=0;} // 制暖时温度高于上限, 全速节电
if((HCFflag==1&&t<=TempMaxbl&&t>=TempMinup)||((HCFflag==0&&t<=HTempMaxbl&&t>=HTempMinup))
{ TempMaxFlag=0;
TempMinFlag=0;
... //温度处于制冷或制暖的上下限之间, 按照既定的节电率自动执行;
}

```

(5) 实时时钟模块: 时钟芯片 SD2300API 是智能自动调节节电率的保障, 完成时钟芯片的准确校时之后, 读取当前月份

和时间，从而获得该地区该时刻的实时节电率，以实现对压缩机的优化控制。程序部分代码如下：

```

if(timenum==0) //每分钟检测
{if(datan[2]>=0&&datan[2]<=8) hourdata=0;
if(datan[2]>=9&&datan[2]<=17) hourdata=1;
if(datan[2]>=18&&datan[2]<=24)hourdata=2; if((WorkMode-1)*36+(datan[5]-1)*3+hourdata!=ratenum)
ratenum=(WorkMode-1)*36+(datan[5]-1)*3+hourdata; //
    
```

(6) 空调压缩机控制模块：空调压缩机是实时时钟模块与温度检测模块共同作用控制的。在温度越限的情况下，按照温度的越限策略进行控制，而在正常的温度范围节电模式下，是在定时器中断中按照既定的节电率进行精确的时间切换控制。

4 检测实验

令节电率为 \mathcal{L} ，节电表读数为 P_1 ，非节电表读数为 P_2 ，则节电率计算公式为：

$$\mathcal{L} = [(P_2 - P_1) / P_2] \times 100\% \quad (1)$$

(1) 制热状态节电检测：选用海信 KFP-33G 型空调，房间面积 20m²。空调设定温度为 21℃。室内初始温度 16℃，室外温度 10℃。

表 2 制热节电率检测结果

测试结果	检测时段总耗电量(kWh)	检测时段平均每小时耗电量(kWh)	检测时间
节电状态	2.24	0.56	8:30~12:30
非节电状态	3.08	0.77	8:30~12:30

由表 2 可知，在节电运行状态下，空调机 4h 耗电 2.23kWh。在非节电运行状态下，空调机 4h 耗电 3.01kWh。

由公式 (1) 可知，制热节电率 = $[(3.08 - 2.24) / 3.08] \times 100\% = 27\%$ 。

(上接第 966 页)

(2) 在整个系统运行中，DAA 证书只发行一次，所以不存在瓶颈问题，这种特性非常适合 P2P 网络；

(3) DAA 证书能够被制造方发行，也可以被平台的购置者发行，方便基于可信计算的 P2P 安全的推广；

(4) 授权访问服务器与频率分析服务器的独立结构，杜绝了假冒 TPM 的出现，大大提高系统的安全性；

(5) 基于可信计算的 P2P 匿名通信系统，设计最根本的是保护设备密钥的反转，TPM 的零知识证明是基于离散对数的困难性，这样的数学基础解决了密钥反转问题，证明系统的匿名性和安全性。

4 结束语

匿名通讯技术很好的保障了用户的隐私，但是如果被滥用，也将无法追究到匿名用户的责任。所以本文对现有 P2P 匿名通信系统进行改造，提出基于可信计算的 P2P 匿名通信系统模型。利用可信计算理论，对节点进行入网前的可信性认证以及入网后的监测。在保证用户匿名性的基础上，实现了入网节点的可信性，使得 P2P 匿名通信更加的安全和全面。今后的工作将会专注于在 P2P 匿名通信系统的综合评估和可信计算技术在跨平台认证等方面的问题。相信随着可信计算的发展必将把 P2P 匿名通信引入一个新的水平。

(2) 制冷状态节电检测：选用奥克斯 KFR-32GW 型空调，房间面积 10m²。空调设定温度为 23℃，室内初始温度 28℃，室外温度 31℃。

表 3 制冷节电率检测结果

测试结果	检测时段总耗电量(kWh)	检测时段平均每小时耗电量(kWh)	检测时间
节电状态	3.3	0.825	9:30~13:30
非节电状态	4.32	1.08	9:30~13:30

由表 3 可知，在节电运行状态下，空调机 4h 耗电约 3.3kWh。在非节电运行状态下，空调机 4h 耗电约 4.32kWh。

由公式 (1) 可知，制冷节电率 = $[(4.32 - 3.3) / 4.32] \times 100\% = 23.6\%$

检验结论：通过对比测试，分体式空调智能节电器节电率可达到 15%~35%。

5 结束语

本文设计的智能分体空调节电器，首先通过因地制宜的节能模式，在不同地区的应用中，对应不同的控制策略；其次采用时间和温度相补偿的方式，优化空调压缩机运行曲线，可实现空调、冰柜等压缩机设备的节电功能；同时，可具有遥控调节功能，方便用户使用；并通过减少空调压缩机的启停次数，以延长空调的使用寿命。该节电器可靠性高，节电效果显著，有广阔的市场应用前景。

参考文献：

- [1] 陈在康. 空调过程设计与建筑节能 [M]. 北京：中国电力出版社，2004.
- [2] GB50176-93. 民用建筑热工设计规范 [S].
- [3] 刘瞰东. 空调智能节电器设计开发 [J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(18): 111-114.

参考文献：

- [1] Castro M, Druschel P, Ganesh A, et al. Security for peer-to-peer routing overlays [A]. Fifth Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI' 02)[C]. (Boston, Massachusetts), December 2002.
- [2] <https://www.trustedcomputinggroup.org>
- [3] Trusted Computing Group. TPM Main Specification Version 1.2 Revision 94[EB/OL]. [2007-06-08]. <https://www.trustedcomputinggroup.org/specs/TPM>.
- [4] 韩心慧, 郭晋鹏, 周勇林, 等. 僵尸网络活动调查分析 [J]. 通信学报, 2007, 28(12): 167-172.
- [5] HAO, Liming, SUN., A Method to Implement Full Anonymous Attestation for Trusted Computing Platform [J]. 武汉大学学报：自然科学英文版：2007, 12(1): 101-104.
- [6] Brickell E, Camenisch J, Chen L. Direct anonymous attestation [A]. Proceedings of the 11th ACM conference on Computer and Communications Security[C]. 2004, 132-145.
- [7] Camenisch J, Lysyanskaya A. A signature scheme with efficient protocols. security in communication networks[A]. Third International Conference SCN 2002 [C]. Amalfi, Italy, 2002, 11-13, 2002. Revised Papers: 2003, 268.
- [8] 卢开澄. 计算机密码学：计算机网络中的数据保密与安全（第 3 版）[M]. 北京：清华大学出版社，2003.
- [9] 刘宏伟, 朱广志. 可信计算平台认证机制研究 [J]. 计算机工程, 2006, 32(24): 149-151.