

一种基于PID技术的多联机室内温度控制方法

倪毅 莫赤虎 黄春 宋培刚 刘群波

(珠海格力电器股份有限公司)

摘要 从多联机室内机输出稳定性角度出发,通过PID控制提高房间舒适性。试验研究发现,在总冷量输出相同的情况下,通过整定PID参数,使每个房间都能够达到良好的舒适性。PID在多联机系统控制方面具有良好的应用。

关键词 多联机;PID;舒适性

Method of indoor temperature control for multi-split air-conditioner based on PID technology

Ni Yi Mo Chihu Huang Chun Song Peigang Liu Qunbo

(Gree Electric Appliances, Inc. of Zhuhai)

ABSTRACT On the basis of output stability for multi-split air-conditioner's indoor unit, the room comfort is improved by PID control. Through experimental research, it's found that under the same total cooling output, good comfort in every room can be achieved by setting the PID parameters. PID control has good application prospect to multi-split air-conditioner.

KEY WORDS multi-split air-conditioner;PID;comfort

随着人们生活水平的逐步提高,对于空调舒适性的要求越来越高,而目前的空调在夏季制冷时,温度波动大,舒适性较差。多联机由于一台室外机连接多台室内机,室内机冷量输出控制更为复杂,要保证房间有合理的温度波动,提高其舒适性,就需要制定合理的控制方案。若室内机选取不当,再精确的控制系统都会失去实际意义。

1 房间空调选型计算

以图1中的房间B和客厅为研究对象,试验在实际房间中进行。室外机放在阳台,房间B和客厅各开1台室内机(同时开)。

热负荷主要由围护结构温差传热、太阳辐射得热量以及人体、照明、设备散热热量组成。

房间B约12.24 m²,客厅约24.48 m²,层高2.8 m;屋面保温材料为水泥膨胀珍珠岩,厚度为150 mm,传热系数为0.60 W/(m²·°C);外墙为370砖墙,保温材料为气加混凝土,厚度为50 mm,传热系数为0.81 W/(m²·°C);楼板为钢筋混凝土,厚度为50 mm,传热系数为0.60 W/(m²

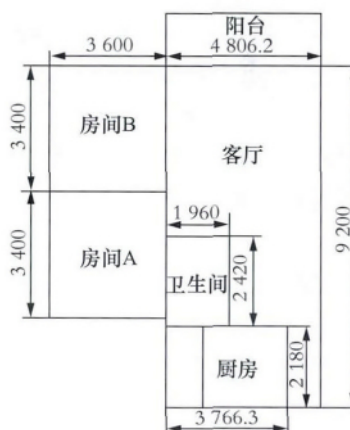


图1 房间布局示意图

·°C);外窗为5 mm普通玻璃,内挂白色窗帘,无遮阳板。2个房间均使用60 W白炽灯,各有活动人员1人。

1.1 围护结构温差传热计算^[1]

$$CL_q = FK(t_w - t_n) \quad (1)$$

$$t_w = (t_{i0} - t_{di})C_a C_p \quad (2)$$

式中:CL_q为外墙和屋顶传热形成的逐时冷负荷

收稿日期:2015-03-23

作者简介:倪毅,本科,设计员,主要研究方向为空调制冷。

(W); F 为外墙和屋顶的面积 (m^2); K 为传热系数 ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$); t_w 为外墙和屋顶的综合冷负荷计算温度的逐时值 ($^\circ C$); t_n 为室内设计温度 ($^\circ C$); t_{to} 为外墙和屋顶的冷负荷计算温度的逐时值 ($^\circ C$); t_{dl} 为围护结构的地点修正值 ($^\circ C$); C_a 为外表面放热系数修正值; C_g 为围护结构外表面日射吸收系数修正值。

1.2 外窗太阳辐射热负荷计算^[1]

$$CL_{ch,2} = C_s C_n C_a \times [F_1 J_{ch,zd} C_{cl,ch} + (F_{ch} - F_1) J_{sh,zd} C_{(cl,ch)N}] \quad (3)$$

式中: $CL_{ch,2}$ 为透过玻璃窗进入空调房间或区域的太阳辐射热形成的逐时热负荷 (W); C_s 为窗玻璃的遮挡系数; C_n 为窗内遮阳设施的遮阳系数; C_a 为玻璃窗的有效面积系数; F_1 为窗上受太阳直接照射的面积; $J_{ch,zd}$ 为通过标准窗玻璃的太阳总辐射照度 (W/m^2); $J_{sh,zd}$ 为通过标准窗玻璃的太阳总散射辐射照度 (W/m^2); $C_{cl,ch}$ 为冷负荷系数, $C_{(cl,ch)N}$ 为北向冷负荷系数, 无因次; F_{ch} 为外窗面积 (包括窗框, 即窗的墙洞面积, m^2)。

1.3 人体散热热负荷计算^[1]

$$CL_r = n(q_1 C_{cl,r} + q_2) C_r \quad (4)$$

$$W_r = n W C_r \quad (5)$$

式中: CL_r 为人体散热引起的热负荷 (W); W_r 为人体的散湿量 (g/h); n 为空气调节房间内的人数 (人); q_1 为每人散发的显热量 (W); q_2 为每人散发的潜热量 (W); $C_{cl,r}$ 为人体显热散热冷负荷系数; C_r 为群集系数; W 为每个人的散湿量 (g/h)。

1.4 照明散热热负荷计算^[1]

$$\text{白炽灯: } CL_1 = N n_1 C_{cl,1} \quad (6)$$

式中: CL_1 为照明散热形成的热负荷 (W); N 为白炽灯功率; n_1 为灯具的同时使用系数, 即逐时使用功率与安装功率的比例; $C_{cl,1}$ 为照明散热形成的热负荷系数。

由此可得出房间总的热负荷为

$$Q = CL_a + CL_{ch,2} + CL_r + CL_1 \quad (7)$$

由上述公式计算得出: 房间 B 的总热负荷为 1 654 W; 客厅的总热负荷为 4 306 W。根据房间热负荷选择室内机冷量分别为: 房间 B 安装 1 台 2.2 kW 冷量室内机, 客厅安装 1 台 5 kW 冷量的室内机。

2 PID 控制简介

自动控制系统有许多种控制方式, 如模糊控制、神经网络控制、PID 控制等。每种控制方法都有其优势, 笔者主要研究通过 PID 控制多联机室内机系统。

目前工业过程控制中常用的控制器绝大多数是 20 世纪 40 年代开发的经典的 PID 调节器, 由于其算法简单、鲁棒性好且可靠性高, 被广泛应用于过程控制和运动控制。

在 PID 控制系统中, 系统能否在最佳状态下工作, 主要取决于调节器各参数的设置是否得当。对于离散系统而言, 调节器的参数整定除了对比例系数 K_p 、积分系数 K_i 和微分系数 K_d 这 3 个参数的调整外, 还需要考虑采样周期 T_0 。但就工程应用来说, 总希望控制器结构尽量简单, 要求整定的参数尽量少。

图 2 所示为模拟 PID 控制系统原理框图。系统由模拟 PID 控制器和被控对象组成。

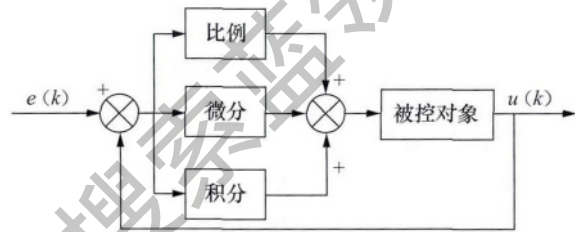


图 2 PID 控制原理框图

数字式 PID 控制器一般采用增量式, 其表示式^[2]为:

$$\Delta u = K_p [(e(k) - e(k-1)) + \frac{T_0}{T_i} e(k) + \frac{T_d}{T_0} (e(k) - 2e(k-1) + e(k-2))] \quad (8)$$

$$u(k) = u(k-1) + \Delta u \quad (9)$$

由式(8)可得

$$\Delta u = K_p ((1 + \frac{T_0}{T_i} + \frac{T_d}{T_0})e(k) - (1 + 2\frac{T_d}{T_0})e(k-1) + \frac{T_d}{T_0}e(k-2)) \quad (10)$$

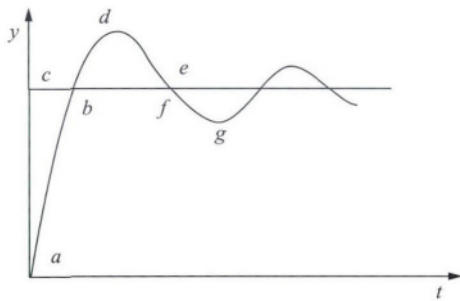
式中: K_p , T_0 , T_i 和 T_d 分别为 PID 控制器的比例系数、采样周期、积分常数和微分常数; K_i 为积分系数, $K_i = K_p \times \frac{T_0}{T_i}$; K_d 为微分系数, $K_d = K_p \times \frac{T_d}{T_0}$ 。

PID 作为房间温度调节的手段, 房间温度波动为阶跃曲线。理想的效果为, 温度波动幅度逐渐减小并稳定在设定温度附近^[3]。PID 调控的理想响应曲线如图 3 所示。

3 试验结果

多联机系统控制比较复杂, 制冷剂分配和控制的好坏决定了多联机系统的可靠性和舒适性。

在多联机系统中, 特别是单压缩机多联系统,

图 3 阶跃响应曲线^[2]

改变压缩机频率的主要目的是改变冷量输出,实现冷量的调节。压缩机输出总冷量满足房间要求时,由于制冷剂分配因素影响,每个房间得到的冷量不一定会满足要求。要保证每台室内机的输出冷量都刚好满足房间的需求,需要合理分配每台室内机的制冷剂量。

以制冷剂的过热度为目标进行制冷剂的流量控制。整个系统控制思路如图 4 所示。

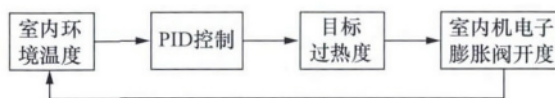


图 4 系统控制思路

试验使用一套多联机系统,室外机制冷量为 8 kW,室内机为 2 台,制冷量分别为 2.2 kW 和 5 kW,1 台变频压缩机。试验方法为:固定压缩机频率(保证输出总冷量相同),将 2 台室内机开启制冷运行。

对实际机组进行取值验证。PID 参数取值: $K_p=5$, $T_0=60$ s, $T_i=100$, $T_d=-70$ 。为观察温度控制的完整曲线,空调温度点停机设置为 $T_{\text{设}}-3$ °C。房间环境温度的波动情况如图 5 所示。

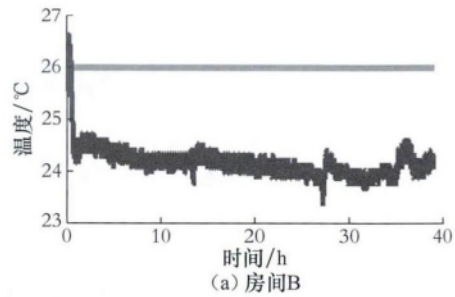
由图 5 可以看出,房间 B 的温度控制偏差比较大,设定温度为 26 °C,但实际运行的温度在 24 °C 附近波动,而客厅环境温度在设定温度 25 °C 附近波动,基本上在可接受范围内。房间 B 室内机的制冷剂控制方面和需求偏差较大,在制冷剂控制方面存在一定的问题,需要整定参数值。

通过整定参数,反复试验,得出的较佳控制方案: $K_p=7$, $T_0=60$ s, $T_i=115$, $T_d=-70$ 。房间环境温度的波动情况如图 6 所示。

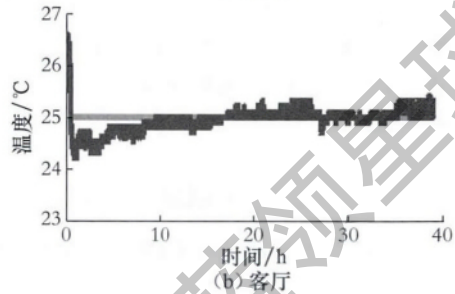
从图 6 可以看出,房间 B 和客厅的实际温度基本在设定温度附近波动,波动的幅度也在可接受范围之内。

4 结束语

PID 在调节方面具有运算简单、容易操控的特

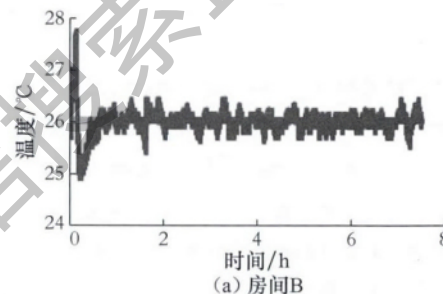


(a) 房间B

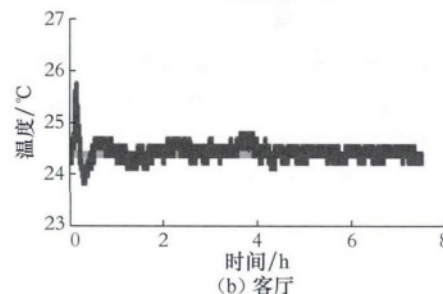


(b) 客厅

图 5 设定温度与实际温度情况



(a) 房间B



(b) 客厅

图 6 较佳控制方案下设定温度与实际温度情况

点,很适合在空调系统中使用;而应用 PID 控制,需要根据实际机组情况找到合理的参数值。可以根据相关经验减少参数整定次数,如当温度迅速达到目标温度但温度过冲很大时,可以适当调小比例系数或调大微分系数等。

参考文献

- [1] 何耀东,何青. 中央空调实用技术[M]. 北京:冶金工业出版社,2006:127-139.
- [2] 陈玉霜,朱雪峰,刘维之. 简单参数自适应 PID 控制研究[J]. 计算技术与自动化,2006,25(4):11-13.
- [3] 王天永,张志海. 浅谈自动控制中的 PID[J]. 纯碱工业,2010(1):44-46.