

文章编号: ISSN1005- 9180 (2007) 01- 0050- 04\*

# 多联机系统中电子膨胀阀运行特性研究

张超甫, 李红旗, 赵志刚, 周彬彬

(北京工业大学 环境与能源工程学院, 北京 100022)

[摘要] 本文介绍电子膨胀阀应用在一套多联机系统的运行特性, 从理论上建立物理和数学模型, 理论模型表明电子膨胀阀具有良好的调节能力。通过对本系统的电子膨胀阀的一系列测试, 结果验证了多联机电子膨胀阀的良好的调节特性和节能效果, 本实验结果对电子膨胀阀应用具有参考意义。

[关键词] 电子膨胀阀, 运行特性, 多联机, 节能

[中图分类号] TK325; TK39;

[文献标识码] B

## Research on Operating Characteristics of the Electrical Expansion Valve in the Multi-connected Air-conditioning (heat pump) Unit

ZHANG Chaofu, LI Hongqi, ZHAO Zhigang, ZHOU Binbin

(The College of Environment and Energy Beijing University of Technology, Beijing 100022)

**Abstract:** A set of multi-connected air conditioning (heat pump) unit with the electronic expansion valve was introduced. The physical and mathematic model of the electronic expansion valve is established, which proves the electronic expansion valve has good adjusting ability. Good adjusting ability and energy saving effect are also proved by the testing results, which has reference meaning to the use of electronic expansion valve in the multi-connected air-conditioning (heat pump) unit.

**Keywords:** Electronic expansion valve, Operating characteristic, Multi-connected air conditioning (heat pump) Unit, Energy saving

## 1 前言

多联机由于其节能、健康、环保的特点, 越来越受到消费者的欢迎。采用变频技术与电子膨胀阀相结合的调节方式是多联机的一大特色。压缩机的变频调节与电子膨胀阀相配合进行变负荷能量调节是 20 世纪 80 年代以来提高制冷装置控制水平方面的新成果, 这两项技术在多联机中都得到了广泛的应用。

变频多联机具有定速空调器无法比拟的优点, 既能满足节能的目的, 又能满足舒适性要求。变频要求制冷剂供液量的调节范围宽, 而电子膨胀阀具有流量调节范围宽、控制精度高和适于电路控制等

特点, 可以根据负荷变化而改变系统的流量, 保证蒸发器在很小的出口过热度下稳定工作, 使空调器的启动和变负荷动态特性大大改善<sup>[1]</sup>。

目前国内各个研究机构对变频技术的研究比较多, 而对电子膨胀阀应用在多联机上的运行特性研究得还不多, 因此本文对多联机系统的电子膨胀阀的运行参数进行测试和研究, 从测试的结果可以充分的体现电子膨胀阀的运行特性和优越性。

## 2 电子膨胀阀模型的建立

节流机构作为制冷系统中冷媒的流量调节元件, 对空调的运行特性有重要的影响。改善它的控

\* 收稿日期: 2006- 9- 8; 修回日期: 2006- 10- 25

作者简介: 张超甫(1978-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 多联机运行特性研究及系统优化。E-mail: zhangchaofu@emails.bjut.edu.cn

制特性,使其与系统其它部件良好匹配并适应装置的工况和负荷要求,是制冷界一直关注的热点问题<sup>[2]</sup>。变频技术应用与空调系统能够高效节能是由于其可以根据负荷的变化随时对压缩机实行无级能量调节。但在这种情况下,也同时要求制冷剂流量的调节必须范围宽、调节反应快。由于电子膨胀阀是能够适应以标准电信号传递信息的电子性控制元件,具有与装置相适应的良好特性,因此能很好的满足上述要求。电子膨胀阀可以按预定的调节规则动作,进行供液量调节,保证蒸发器始终在很小的出口过热度下稳定的工作,大大改善制冷装置的启动和变负荷动态特性。

### 2.1 物理模型

对于圆锥形阀针(图1),当阀针开启度为 $h$ ,阀针孔径为 $d$ ,阀针锥角为 $\beta$ 时,其工质流通面积为:

$$A = \pi h \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) \left(d - \frac{h}{2} \sin\beta\right)$$

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2$$

当 $\beta = 36^\circ$ 时,可以得出:

$$\frac{A}{A_{max}} = \frac{2.568 - h/h_{max}}{1.568} \cdot \frac{h}{h_{max}}$$

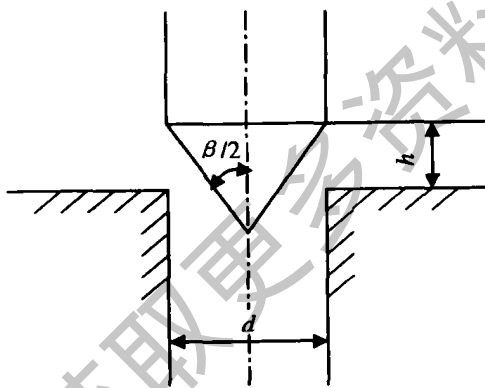


图1 阀体

### 2.2 数学模型

由于电子膨胀阀的节流结构与热力膨胀阀相同,故仍采用热力膨胀阀的数学模型,沿用水力学公式来描述电子膨胀阀的流量特性。

$$m = C_d A \sqrt{2 \rho (P_1 - P_2)}$$

式中  $m$  — 制冷剂的流量, kg/s;

$C_d$  — 流量系数;

$A$  — 阀的流通面积,  $m^2$ ;

$\rho$  — 制冷剂液体进口密度,  $kg/m^3$ ;

$P_1$  — 制冷剂进口压力, Pa;

$P_2$  — 制冷剂出口压力, Pa

Detroit 公司的 D1D1Wile 提出了流量系数的经验公式:

$$C_d = 0.02005 \sqrt{\rho} + 0.634 v$$

式中  $v$  — 制冷剂出口比容,  $m^3/kg$

### 2.3 试验装置介绍

本多联机系统采用双并联压缩机(一台变频压缩机和一台定频压缩机并联运行),变频压缩机制冷量为10kW(4HP),定频压缩机制冷量为12.5kW(5HP),共同使用一台冷凝器工作。各室内机的规格分别为 $3 \times 7.5kW$ (3HP)和 $3 \times 2.5kW$ (1HP),为了减少测试的工作量,在测试时关掉定频压缩机,室内机仅开启7.5kW和2.5kW的各1台,等效系统图如图2所示。

本多联机系统中采用三花公司的两种规格电子膨胀阀,该电子膨胀阀为4相8拍,1-2相励磁步进电机驱动,励磁速度为30~90pps,电子膨胀阀的最小动作为8个脉冲。实验系统中的电子膨胀阀采用微电脑程序控制调节不同室内机的制冷剂流量,以及蒸发温度或冷凝温度等参数,能够根据环境温度的变化及压缩机频率的改变做出相应的调整,共有480级的调节范围,通过监控软件程序可以设置电子膨胀阀的不同开度。实验装置中电子膨胀阀的规格如表1所示。

表1 电子膨胀阀规格

通径 (mm)	R22 名义容量 (kW)	匹配功率 (kW)	开阀脉冲	全开脉冲	脉冲频率 (PPS)	最大动作 压差(MPa)		最高使用 压力(MPa)	
						R22	R22	R22	R22
Φ1.6	5.25	1.7~ 3.5	32±20	500	30~ 90	2.26	R22	3.0	
Φ2.2	10.5	4.6~ 6.9	32±20	500	30~ 90				

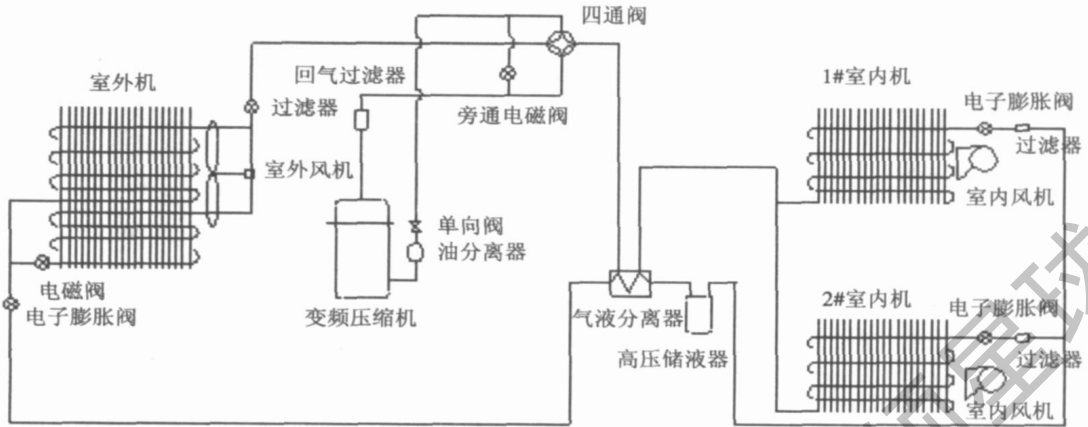


图2 变频多联机系统图

### 3 实验结果及分析

本次实验试验的环境条件为：室外干球温度  $33^{\circ}\text{C}$ ，湿球温度  $24^{\circ}\text{C}$ ，室内设定温度  $24^{\circ}\text{C}$ 。电子膨胀阀的开度分别设置 50、100、150、200、250、300、350、400、480。电参数用电参数测试仪来测量，测试整个系统的输入功率，室内温度由干湿球温度计来测量。整理测试数据，分别测量出在各个开度下整个系统的制冷量、能效。从测试的数据来研究电子膨胀阀的运行特性。

从图3可以看出，随着电子膨胀阀开度的增加，压缩机频率也不断增加。根据电子膨胀阀的特性，开度增大使流过的制冷剂量增大，对于变频多联机系统来说，使系统制冷剂流量增大的途径，必须提高压缩机的转速。而变频压缩机的转速和频率成正比，所以变频多联机系统中，压缩机的频率随系统电子膨胀阀开度的增大而增大。

从图4可以看出，系统制冷量随电子膨胀阀的

开度增大而增大，在制冷剂进出口焓差一定的情况下，系统制冷量与制冷剂流量成正比。随着阀开度的增大，制冷剂流量不断增大，从而使系统制冷量也不断增大。从图上可以看出，系统最大制冷量是最小制冷量的两倍多。由此可以看出电子膨胀阀的良好调节特性。但是从图中也可以看出，在电子膨胀阀的开度最大时，其制冷量调节能力与开度不完全成线性关系，甚至出现调节失效使制冷量减少，这种情况和电子膨胀阀的加工精度和阀针外轮廓的曲线方程有一定的关系。

从图5可以看出，随着电子膨胀阀开度的变化，变频多联机系统的能效基本保持不变，总是维持在较高的能效上。普通的压缩机使用毛细管作为节流元件，由于毛细管的长度是根据一个固定工况设计的，不会随着工况的改变而改变，因此调节能力有限，在运行状况偏离设计状况时，空调的能效会降低很多。而电子膨胀阀的开度是可以改变的，可以按照一定的模式控制，通过控制压缩机吸气过

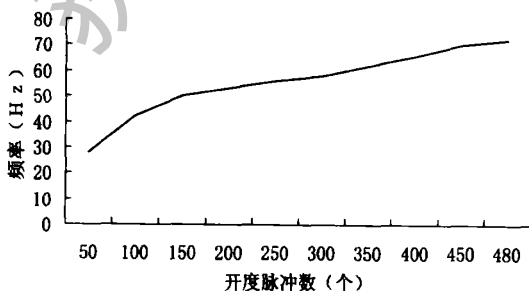


图3 电子膨胀阀开度与变频多联机频率的关系

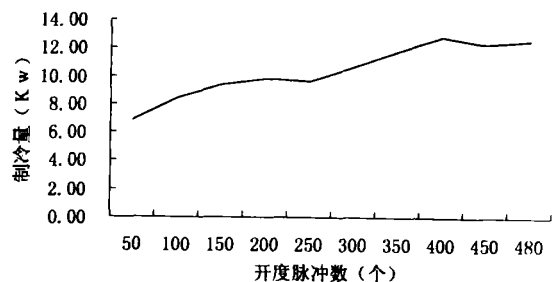


图4 电子膨胀阀开度与变频多联机制冷量的关系

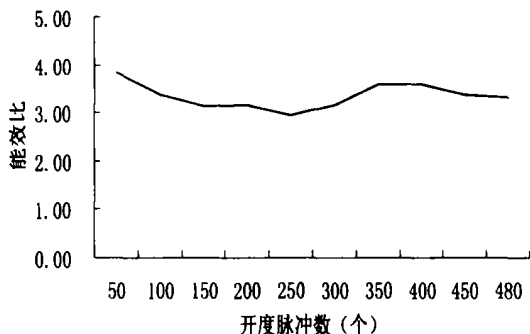


图5 电子阀开度与变频多联机能效的关系

热度或者控制房间温度等,都可以使系统保持在最佳工况点,相当于一系列长度的毛细管,总能选出最优的长度来与压缩机的频率相匹配。图中的波动和电子膨胀阀的加工精度和阀针的曲线方程有关,虽然理论上电子膨胀阀有很好的调节特性,但在实际应用中干扰因素较多,导致能效曲线的波动。

从图6可以看出变频多联机系统的输入功率随着电子膨胀阀开度的增大而递增,由图3、图4可知,系统制冷剂流量随着电子膨胀阀开度的增大而增大,随着制冷剂流量的增大,单位时间内压缩机做功不断增加,因此所需输入功率需要不断的增大。

## 4 结论

(1) 电子膨胀阀是变频多联机系统的关键节流元件。它响应快、调节范围宽,可以按预设的各种复杂调节规律动作,获得很好的调节品质,使系统变负荷运行特性大为改善。

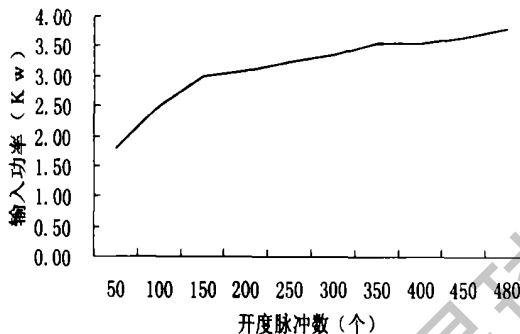


图6 电子膨胀阀开度与变频多联机输入功率的关系

(2) 电子膨胀阀能提高在不同工况下的多联机系统性能。系统的实际工况点偏离设计工况点越远,电子膨胀阀系统的优势越明显。在不断变化的工作环境与负荷下,采用电子膨胀阀变频多联机系统的节能效果更加明显。

(3) 电子膨胀阀良好的调节特性,能够减小温差波动范围,提高房间的舒适度。

(4) 本试验只是针对使用制冷剂R22,对于其他制冷剂来说可能会有所不同,在以后的实验中会继续关注其他制冷剂。

## 5 参考文献

- [1] 马善伟,张川,陈江平,等.电子膨胀阀制冷剂流量系数的试验研究[J].上海交通大学学报,2005,39(2):249-255
- [2] 唐双波,仲华,等.电子膨胀阀在轿车空调制冷系统中的动态研究[J].流体机械,2000,28(6):49-52

— [ 新设备信息 ] —

## 瑞典一种新型太阳能空调面市

瑞典一太阳能空调公司最近推出一种新型太阳能空调,该空调依靠水和盐在真空中进行热化学交换,水被太阳能加热蒸发,被与之相连的罐里的盐吸收,水在蒸发过程中吸收能量,能量在盐罐里释放,由此产生能量交换,水变

冷,盐吸热。使用太阳能空调每月可为一套标准化住房节省130元(美元)的能源开支。另外,由于不使用传统燃料,使用太阳能空调的家庭年平均可减排11.8t的CO<sub>2</sub>。

——(特约通讯员王艮报道)