

文章编号: ISSN1005-9180 (2014) 03-021-05

# 变频压缩机在冰箱中的节能技术分析

李成武, 隆莹, 龙晓芬

[海信容声(广东)冰箱有限公司, 广东佛山528300]

[摘要] 本文通过对变频压缩机的研究, 以及变频压缩机节能分析, 了解变频压缩机及变频板产生的功耗对节能的影响。通过采用仿真软件对变频压缩机在冰箱各种环境温度下的节能效果进行分析, 研究如何提高变频压缩机的节能效果。

[关键词] 变频压缩机; 节能; 仿真; 环境

[中图分类号] TM925.2 [文献标识码] A doi: 10.3696/J.ISSN.1005-9180.2014.03.005

## Inverter Compressor's Saving - Energy Analysis In Refrigerator

LI Chengwu, LONG Ying, LONG Xiaofeng

(Hisense Rongshen (Guangdong) Refrigerator Co., Ltd., Foshan 528300)

**Abstract:** By researching the inverter compressor, and analyzing saving - energy of inverter compressor, knowing more the effect of inverter compressor and PBA of power. Analysis the saving - energy effect of inverter compressor in different ambient by simulation software, studying how to improve the saving - energy of inverter compressor.

**Key words:** Inverter compressor; Saving - energy; Simulation; Ambient

### 1 关于变频压缩机的工作原理

在冰箱的发展过程中, 压缩机的技术革命对节能的影响最大, 压缩机的这种变化主要是制冷效率的提高, 经过多年的技术发展, 压缩机在结构设计、电机性能的提高、采用制冷剂的转变等, 使压缩机的制冷效率提高到 COP 2.0 的水平, 大大降低了冰箱的能耗。冰箱这种节能还只限制在压缩机本身方面, 如压缩机的电机效率提高、压缩机的机械效率提高、压缩机的绝热效率提高等。将冰箱的压缩机与制冷系统统一研究后, 发现压缩机的制冷量与冰箱的节能也有较大的关系。制冷量的改变主要与压缩机的电机转速有关, 改变转速的最好方法是采用变频技术, 这就要求加大对变频压缩机的节

能技术研究。

对于冰箱压缩机, 一般是采用单相电机, 单相电机的启动与运行主要有启动绕组与运行绕组, 在电机启动运行后一般启动绕组停止工作。这种压缩机主要是定频压缩机, 频率由电网供应。压缩机的启动器也经历过一个变化的历史过程, 早期主要是由重锤启动器, 因为触点的可靠性与易燃制冷剂的安全要求, 开始采用 PTC 无触点启动器。PTC 启动器存在功耗问题, 在压缩机运行的过程中会存在一定的功耗, 它的功率一般在 2~3W 之间。在高效节能环保的要求下, 压缩机开始大量采用“e-PTC”, 通过电子无功耗(约 0.3W)降低压缩机运行时的功耗。

对于变频压缩机, 它是模拟三相交流电机的工

收稿日期: 2014-5-11

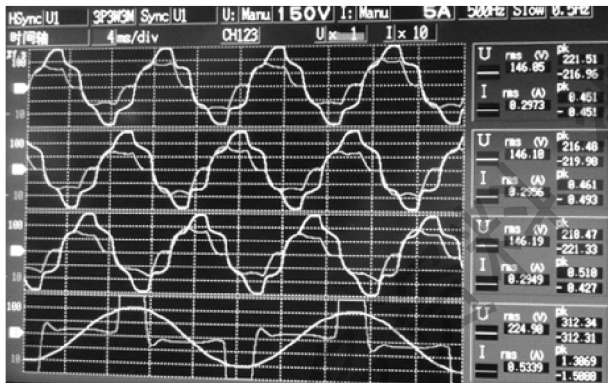
作者简介: 李成武(1968-), 男, 制冷高级工程师, 主要从事冰箱节能、性能优化、性能仿真设计、仿真软件开发等。

Email: Lichengwubx@hisense.com

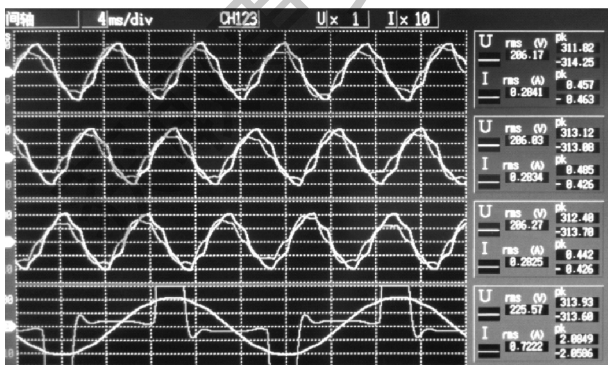
作原理，通过三个绕组的不同工作状态进行运行电机的工作，不需要启动器或启动辅助绕组。在不同的频率下，波形长度不同，电机的转速也会发生变化，当频率高时，电机的转速加快，压缩机的功率大，制冷量大，当频率较低时，压缩机的功率与制冷量都变小。如图 1a (56Hz)，图 1b (96Hz)，图 1c (150Hz)，在不同的频率下压缩机三相运行的波形图以及其它参数。



1a(56Hz)



1b(96Hz)



1c(150Hz)

图 1 在不同的频率下压缩机三相运行的波形图以及其它参数

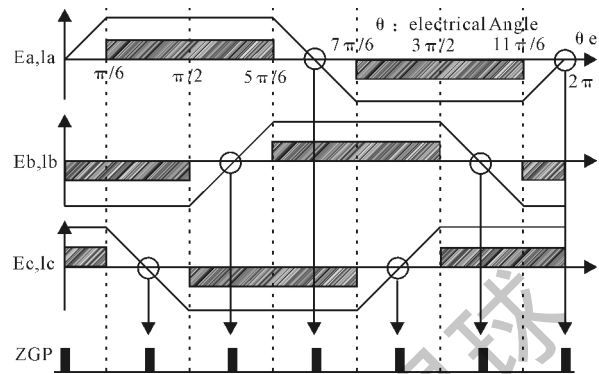


图 2 采用电子开关换相的电机控制

为提高变频压缩机的效率，一般的转子采用永磁材料，这种永磁材料都是通过生产过程中的充磁完成。转子中磁极的长期存在与绕组产生的磁场不同，为提高磁场的效率，在电机的控制设计中，会通过电动势过零点进行判定，采用电子开关进行换相，如图 2。变频压缩机由于具有电子控制技术的优势，可以优化磁场的设计，从而提高压缩机电机的效率。

### 2 变频板的节能

将单相电源变成可调频率的三相电源，控制系统需要有变频板的设计。变频板在实际的运行中需要消耗部分能量，不同的设计对能耗的影响不同，它主要包括开关电源的功耗与压缩机运行时变频板在不同负载下产生不同的功耗。在不同转速或频率下，功耗不同，如图 3，进行不同的变频板功耗对比分析。

变频板的功耗整体上会影响到压缩机的 COP 参数，如果功耗越小，则压缩机的效率越高，但总的来看，高频下压缩机效率的降低一方面与压缩机本身的效率降低有关，另一方面也与变频板的功耗有关。

### 3 变频压缩机节能的原理

对于冰箱的制冷系统设计，一般蒸发器与冷凝器在设计确定后，不可改变，这决定了蒸发面积与冷凝面积的固定，而影响制冷量与散热量的参数则主要是蒸发与冷凝的温度差和换热系数。当温度差变小时，换热系数也会变小，但相对于温度差的变化来说，温度差的改变对制冷量或散热量的影响最

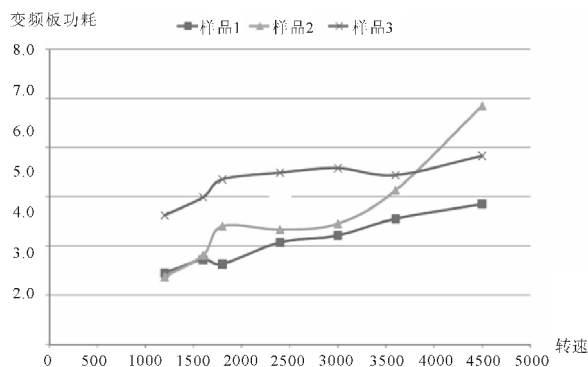


图3 不同的变频板功耗对比分析

大。当压缩机的制冷量在变小时，相应的散热量也小。

冰箱的负荷与环境温度有很大的关系，在高温环境下，压缩机的开机时间长，停机时间短，冰箱的开机率变大，而在低温环境下，则冰箱的开机率变小。对于定频压缩机来说，制冷量在不同的环境温度下也不相同，但变化量并不大，这样在低温环境下，定频压缩机的制冷量匹配过大。

变频压缩机因为可以改变转速而产生不同的制冷量，当转速降低后，制冷量也降低，它与冰箱在低温环境下的负荷需求较匹配，在高温环境下，通过增加转速提高压缩机的制冷量，适应冰箱在高温环境下的负荷需求。

在制冷系统中的两器设计不变的情况下，压缩机制冷量变小后，在低温环境下，出现蒸发器与冷凝器匹配过大的问题，从而出现蒸发温度高，蒸发器温度与环境温度的差值变小，冷凝温度也变低，冷凝器温度与环境温度的差值变小。在经过两器的温度变化后，压缩机的 COP 变高，说明压缩机的效率提高，冰箱也就节能。变频压缩机节能的关键是因为制冷量变小后，蒸发温度上升，提高了压缩机本身的制冷效率。

压缩机在不同频率下的制冷效率 COP 是不同的，从图4中可以看出这种变化，在高转速的情况下，COP 下降比较多，这也与变频板的功耗加大有关。

#### 4 冰箱在不同环境下的节能分析

根据变频压缩机节能的原理，制冷量小的时候产生较高的蒸发温度，提高了压缩机的制冷效率。

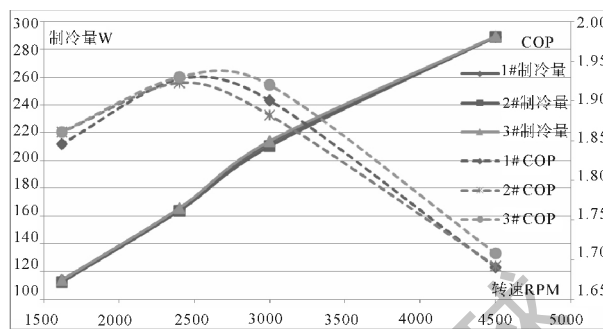


图4 压缩机在不同频率下的制冷效率 COP

冰箱一般处于一个多变的环境，在低温环境下，周围的热负荷小，冰箱耗电小，而在高温的环境下，冰箱的热负荷大，冰箱压缩机的运行时间长，效率低，耗电大。

目前市场中所提及的变频压缩机节能，主要是针对目前的冰箱能耗测试标准，在标准中要求环境温度是25℃，按照此环境温度下，变频压缩机比相同制冷效率 COP 的定频压缩机节能，但是对于在其它较高环境温度下的节能情况如何，本论文通过对一个具体的无霜冰箱的对比计算分析，研究变频压缩机与定频压缩机在不同环境温度情况下的节能情况。

通过采用自主开发的仿真软件进行不同设计计算分析，如图5为某无霜冰箱的性能计算仿真模块局部图。

通过软件的计算与实际测试结果对比，了解冰箱在25℃环境下的能耗差异，从而可以利用它进行其它数据分析。数据如表1。

通过对25℃环境下的能耗分析后，能耗的计算与实测结果比较一致，可以采用软件对定频压缩机与变频压缩机分别在不同的环境温度下冰箱的节能情况进行分析。

根据变频压缩机的特点，分别设定压缩机在不同温度下的运行转速不同，从而产生不同的制冷量与制冷效率，相关参数见表2。

分别按照定频压缩机的制冷量为190W，COP为1.9的性能参数与变频压缩机的参数进行比较，经过软件的计算后，可以计算出冰箱在不同的环境温度下的能耗，如图6。考虑到冰箱的实际负荷不同，在不同的环境温度下对变频压缩机可以选用不同的制冷量参数，因此对变频压缩机作出两种选择

7. 电气参数 制冷电机功率(w): 1.5 冷冻电机功率(w): 2.5 冷藏电机功率(w): 0 控制板功率(w): 0.7  
 加热器功率(w): 12 门加热比例(%): 25 F化霜加热管功率(w): 220 F化霜累计时间(h): 40

8. 蒸发器 F蒸发器面积(m<sup>2</sup>): 1.5 F有效通风宽度: 500 F蒸发器深度: 60mm F密封管排数: 6 F密封管排数:  
 0 侧蒸发器面积(m<sup>2</sup>): 0.7 R有效通风宽度: 220 R蒸发器深度: 40mm R密封管排数: 4 R密封管排数:  
 4

9. 风速参数 F风扇类型: F离心扇叶12v R风扇类型: R轴流扇叶12v 冷冻进风口面积(m<sup>2</sup>): 0.006 冷冻出风口面积(m<sup>2</sup>):  
 0.006 冷藏进风口面积(m<sup>2</sup>): 0.003 冷藏出风口面积(m<sup>2</sup>): 0.003

二、调节变量 确定

环境温度(°C): 25 压缩机排量(w): 110 压缩机COP: 1.87 冷藏温度(°C): 5 变温温度(°C):  
 -12 冷冻温度(°C): -18

冷冻蒸发温度(°C): -26.4 冷藏蒸发温度(°C): -18.8 化霜时间(min): 25 F压缩机实际COP: 1.8547595 F电机实际功  
 率: 2.5 R压缩机实际COP: 2.3734975 R电机实际功率: 1.5

F压缩机实际排量(w): 109.1035 F蒸发器排量(w): 110.27860 F循环风排量(w): 110.18032 R压缩机实际排量(w): 139.6175 R蒸发器排  
 量(w): 140.7178 R新风风排量(w): 140.6287 冰箱F开机率(%): 56.19422 冰箱R开机率(%): 56.79981 冰箱开机率(%): 56.79981 冰箱耗电量  
 (kwh/24h): 0.886595

图5 某无霜冰箱的性能计算仿真模块局部图

表1 冰箱在 25°C 环境下的能耗设计值与测试值对比

压缩机类型	设计值 (kWh/24h)	测试值 (kWh/24h)	备注
变频压缩机	0.889	0.88	
定频压缩机	1.0	1.04	实际 COP 为 1.85, 计算 COP 为 1.9

表2 变频压缩机在不同环境温度下的参数选择

方案		15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
一	转速 (r/min)	1600	1600	1600	2400	2400	3500
	制冷量 (W)	110	110	110	160	160	235
	COP	1.87	1.87	1.87	1.92	1.92	1.84
二	转速 (r/min)	1600	1600	1600	1600	2400	3000
	制冷量 (W)	110	110	110	110	160	210
	COP	1.87	1.87	1.87	1.87	1.92	1.9

方案。通过计算后分析出变频压缩机的两种方案与定频压缩机在不同环境下的节能比例,如图7,同时也可以分别计算出冰箱在不同环境下的开机率,如图8。

通过上述数据的分析,在高温环境下,如果压

缩机的制冷量过大,则开机率会小于定频压缩机的开机率,冰箱在高温下反而不节能。通过对不同变频方案的计算也可以看出,变频压缩机的性能参数更应该与冰箱的具体负荷情况进行匹配设计才会更加节能。同时也说明提高变频压缩机的节能是尽量

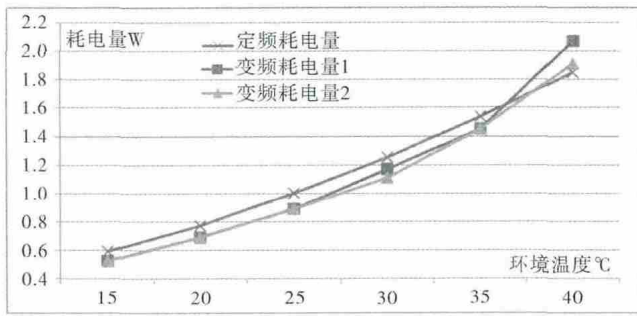


图6 冰箱在不同的环境温度下的能耗

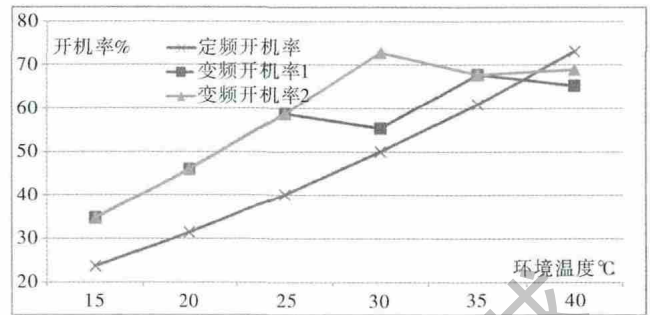


图8 冰箱在不同环境温度下的开机率

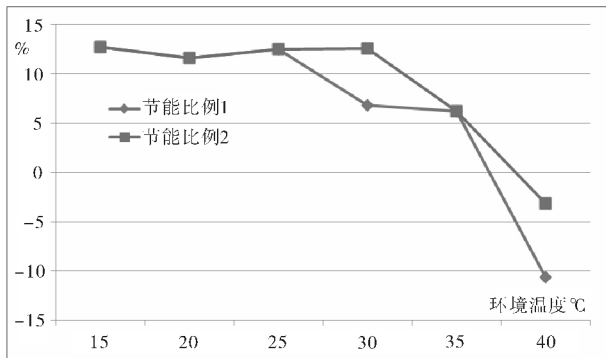


图7 变频压缩机的两种方案与定频压缩机在不同环境下的节能比例

减少变频压缩机的高频应用，降低变频板的功耗，同时利用变频压缩机的可调性，尽量将压缩机的制冷量与冰箱的热负荷相匹配，提高压缩机的运行率，尽量提高变频压缩机在各环境温度下的节能效果。

通过仿真软件的计算分析可知，变频压缩机与同水平的定频压缩机在能耗方面相比，可以达到12%以上的节能效果，在高温环境下，也可以达到相同的能耗水平。

将压缩机的制冷量与冰箱在不同的环境温度下的热负荷进行匹配设计。

## 5 结论

通过上述的分析，变频压缩机的节能应尽量

## 6 参考文献

- [1] 陈沛霖, 岳孝方. 空调与制冷技术手册 [M]. 上海: 同济大学出版社, 1990, 7

\* 浙江加西贝拉变频压缩机技术资料