

一种用宽转速压缩机的冰箱整机性能分析研究

Study on the performance of a refrigerator with the wider rotating speed compressor

尚殿波 陈开松 李子胜 王声纲

SHANG Dianbo CHEN Kaisong LI Zisheng WANG Shenggang

合肥美菱股份有限公司 安徽合肥 230601

Hefei Meiling Company Limited Co., Ltd. Hefei 230601

摘要

新国标条件下,通过分析冰箱性能测试条件以及现有压缩机技术参数,从压缩机角度出发,设计出宽转速变频压缩机并完成整机性能验证。结果表明,宽转速压缩机在1500~1800RPM为最高效率范围,可以更好地满足新国标能效测试标准要求,较原压缩机最高COP偏低2%的条件下,冰箱载体整机性能仍可以达到新国标一级能效指数要求。同时,新设计的压缩机成本较低,可以进一步提升风冷冰箱的市场竞争力。

关键词

新国标;宽转速压缩机;高效点;大容积风冷冰箱

Abstract

Through the analysis of the refrigerator performance and the technical parameters of the existing compressor under the new national standard, from the point of view of the compressor, variable frequency compressor with the wider speed is designed and the performance verification of the refrigerator is completed. The results show that the most efficient point is 1500~1800RPM for the wider speed compressor, which can better meet the requirements of the new GB Standard requirements for energy efficiency test, with the first level energy efficiency index. under the condition that the maximum COP of the original compressor is 2% lower, the performance of the refrigerator can still achieve the requirements of the new GB with the first level energy efficiency index. At the same time, the air-cooled refrigerator using the new compressor with lower cost can improve interiorly the market competitiveness.

Keywords

The new GB; The wider speed compressor; The most efficient point; The air-cooled refrigerator with large volume

1 引言

当前,随着家电行业新国标的正式实施,一级能效指数的提高,使得满足新国标一级要求的冰箱载体整机成本增加较多,包括高效压缩机^[1]、风道结构更改、保温性能提升等方面优化设计增加的成本。高成本的冰箱在竞争如此激烈的家电市场不具备较好的市场竞争力,需要寻求性价比比较优的新国标^[2]一级能效水平的冰箱设计方法。

基于以上存在的问题,本文设计出一种冰箱用宽转速压缩机,转速范围为900~4500RPM,将1500~1800RPM

对应的COP值做到最高,同时优化设计驱动控制程序,确保冰箱整机性能与噪音振动均满足要求。

2 具体方案

以BCD-535W风冷冰箱为研究载体,分析当前压缩机不同转速对应的COP数值,从新国标角度出发,制定压缩机改进优化方案,压缩机最低转速为900RPM,从振动噪音角度出发,设计出满足振动与整机噪音要求的驱动控制程序,确保满足项目既定目标要求。

2.1 宽转速压缩机优化设计

为应对新国标的测试要求,载体冰箱达到新国标一级能效指标要求,一般采用的压缩机均为高效机,在2400RPM的时候的COP对应值在1.90以上。本次研究采用的载体为BCD-535W风冷冰箱,所使用的压缩机为VNB1113Y,具体技术参数如表1所示。从表1中可知,该款压缩机最高效率点在2400RPM,对应的COP值为1.96,但实际冰箱性能测试过程中,32℃环温所采用的转速为1680RPM左右,此转速对应的COP值不是最高值,不能很好地发挥出压缩机最佳性能点的优势。同时,最低转速为1200RPM,在实际测试过程中,比如16℃环温,该最低转速对应的冰箱整机开机率约为45%,开停机能耗损失较大,对整机的耗电量降低没有贡献。

基于以上存在的问题,为更好应对新国标的测试要求,开发研究宽转速变频压缩机,主要从以下几方面进行优化设计研究。

9CC宽转速压缩机电机设计方案:电机本体谐波优化和齿槽转矩优化,配合目前主流的SVPWM正弦波控制方案,进一步优化电机本体的磁场波形和反电势波形,5次谐波比普通电机减小20%。

齿槽转矩的进一步降低,是现在内置式变频电机的一大突破,使得电机整体的转矩脉动也大幅度降低,齿槽转矩降低约43%,充分保障了低速状态下力矩脉动及振动的减小,从而使压缩机低速具有较好的振动性能,保证了压缩机的可靠性。

通过对二代曲轴长度、上油油路进行调整,可以保证压缩机在990RPM可以充分上油,确保长期运行的可靠性。图1为压缩机在600RPM的上油图片。

最后,得出VETB90L宽转速压缩机的可靠转速范围为900~4500RPM,具体技术参数如表2所示。从表2中可知,在该款压缩机的技术参数中,最高效点在1500~1800RPM之间,可以更好地满足新国标条件下冰箱32℃环温的性能测试要求。最低转速可以达到900RPM,16℃环温下的性能测试使用990RPM,确保振动满足噪音与可靠性要求,整机性

能有2%的提升。

2.2 驱动控制优化设计

压缩机稳定运行过程,一般包括定位状态、异步拖动

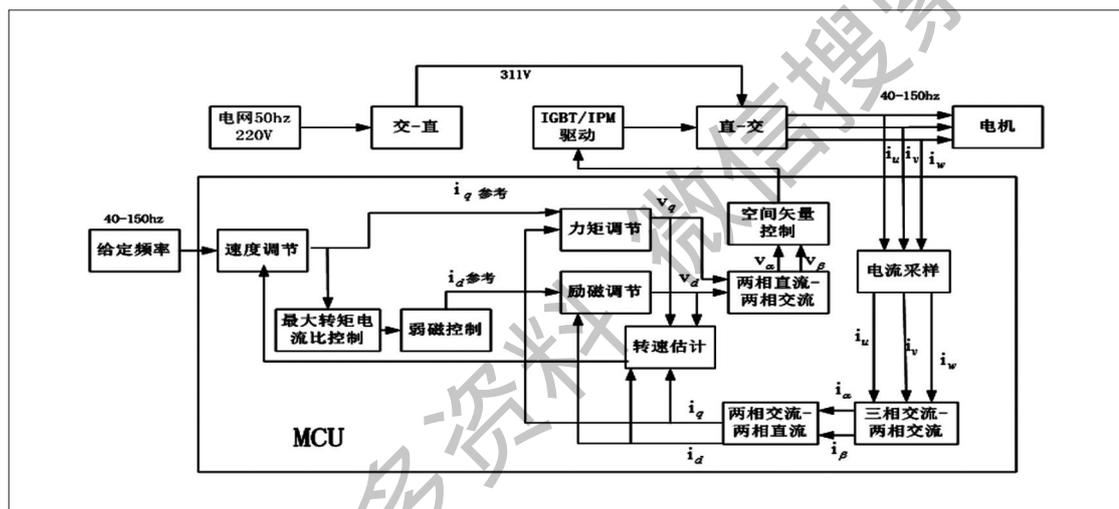
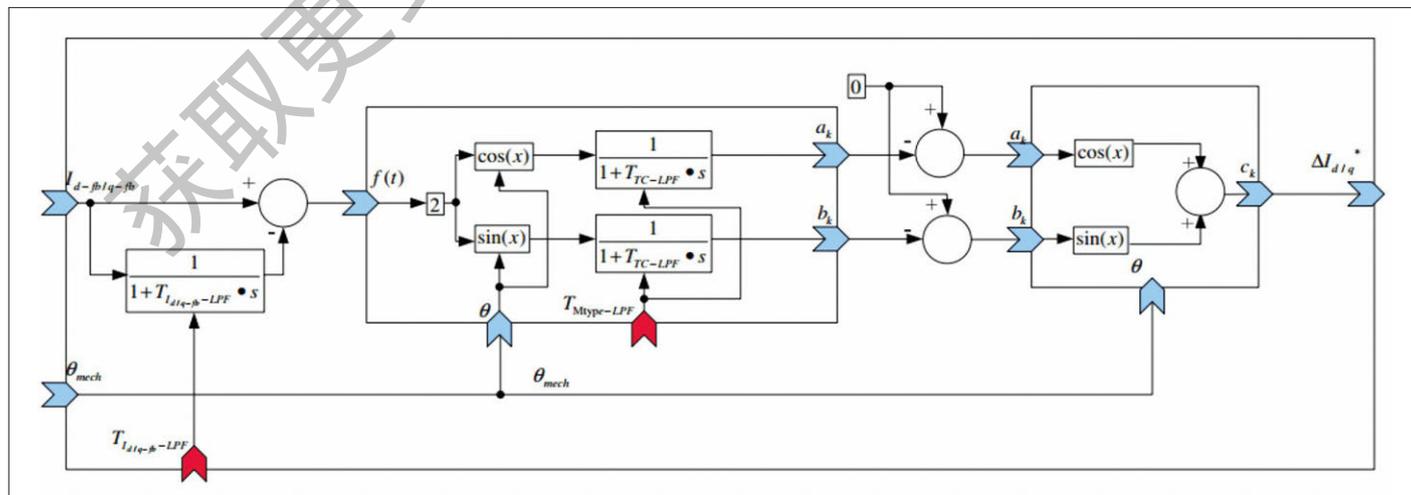


图1
压缩机600RPM时的油线

图2
压缩机矢量控制框图

图3
低速力矩补偿框图



状态、异步拖动到无位置传感器速度闭环过渡切换状态和无位置传感器速度闭环控制状态。在定位状态，强制给压缩机一个固定电流，使压缩机转子定位；再逐渐增加转速，使压缩机转动，进入异步拖动状态；当转速达到一定值后，电流环ACR和速度环ASR闭环控制，进入过渡切换状态；当过渡切换状态稳定运行后，进入最终的闭环控制稳定状态，见图2所示。

在较低转速的时候，为了减小压缩机的震动，通常需要

加低速力矩补偿^[3]。具体方法是把检测到的电流波形进行高通滤波，滤除直流分量，得到引起波动的交流分量，再用电流的指令值减去这个交流分量，最后得到低转速所对应的电流命令值，见图3流程图。

3 实验测试

我司实验室为国家级实验室，测试冰箱性能所使用的测试室是按照国标标准GB 12021.1-2015要求的设计。环境温度为16℃与32℃，冰箱载体在实验室的测试状态如图4所示。耗电量测试时，各项测试条件按照标准测试要求进行，确保测试结果的准确性与可靠性。噪音实验室如图5所示，噪音测试是新国标的测试方法进行测试，测试结果准确性高。

4 试验结果分析

4.1 噪音结果对比分析

依托以上描述的冰箱载体，在噪音室完成整机噪音测试，根据实际使用的不同转速段进行测试，测试结果见表3。从表3中可知，共测试2台样机，不同转速对应的实际测试噪音结果均满国家标准要求(43dB(A))，1200RPM以上转速运行结果与同行业类似冰箱相同。1200RPM以下的转速运行，整机噪音更低。

4.2 性能测试结果分析

根据图4所示的冰箱在实验室内摆放方式与实验室的测试条件，测试16℃与32℃的冰箱整机耗电量，具体测试曲线见图6、7。

从测试曲线可以看出，在16℃与32℃环温下的冰箱整机性能曲线中，冷藏室与冷冻室的温度均满足测试要求。



图4
压缩机组与冰箱载体

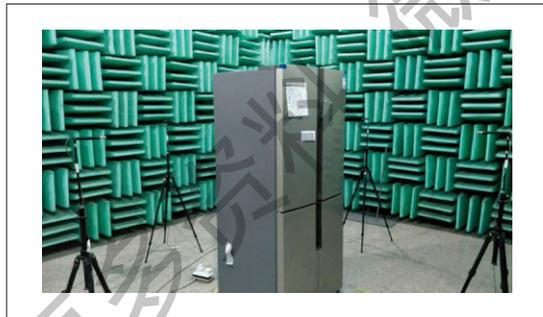
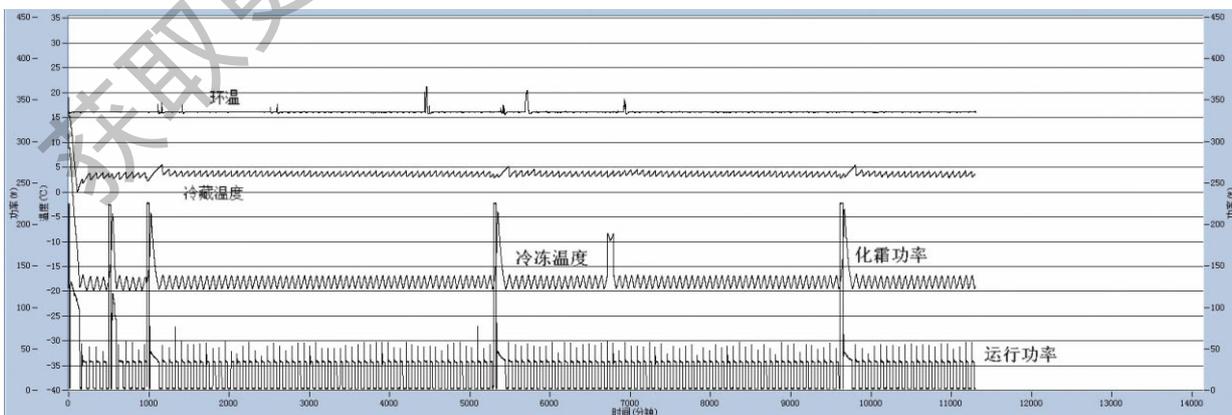


图5
噪音测试室

图6
16℃环温下整机能耗测试
曲线图



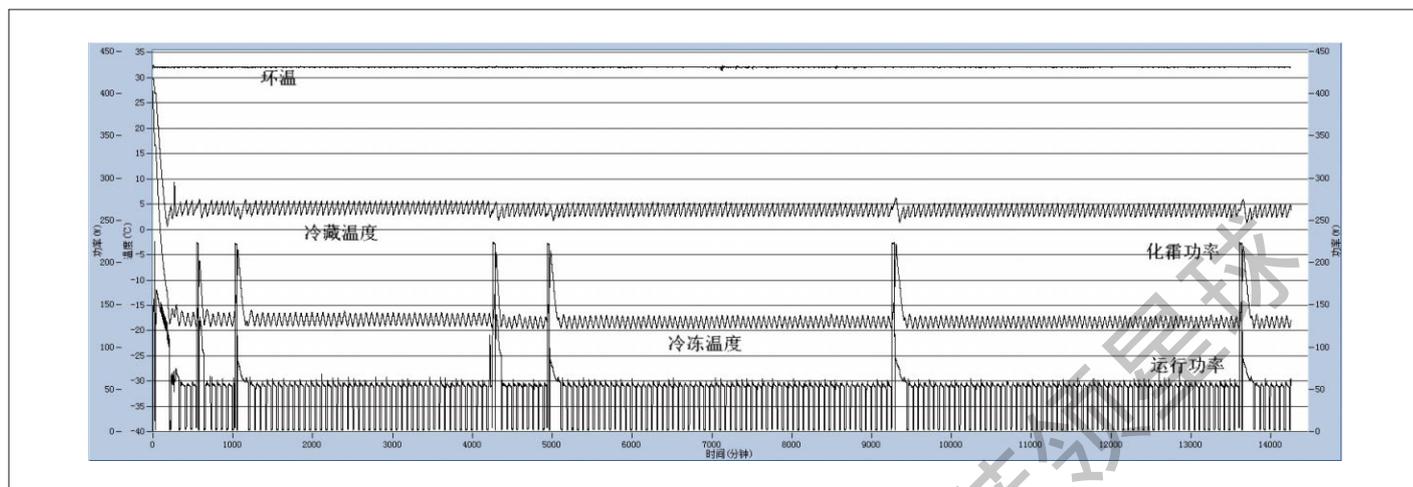


图7 32℃环温下整机能耗测试曲线图

16℃环温下,压缩机使用的转速为990RPM,较常规冰箱压缩机用1200RPM而言,开机率变大,整机开停机损失降低,节能效果进一步提升,冰箱整机耗电量为0.46kWh/24h。

32℃环温下,压缩机使用的转速段与原来一致,但此款宽转速压缩机的高效点在此转速段内,较原压缩机效率相当,冰箱整机耗电量为1.14kWh/24h。依据新国标能耗的计算方法,得出冰箱整机耗电量为0.84kWh/24h,能效指数为24%,与新国标一级能效指数25%相比,存在一定的余量,可以更好地确保冰箱整机性能的可靠性。

通过以上噪音与整机耗电量测试结果来看,此款宽转速压缩机的低转速噪音比较低,噪音水平远超使用同排量压缩机的冰箱产品的最低转速噪音。在实际使用的过程中,尤其是在冬天使用时,可以确保冰箱噪音更低满足用户的要求,提升用户实际使用时的体验。耗电量达到新国标一级能效指数要求的同时,宽转速电机的新设计,实现了压缩机成本的大幅降低,较现在使用的9CC排量的高效压缩机,可以降低约25元/台,故使用此款宽转速压缩机以及新匹配的驱动控制程序的大容积风冷冰箱将具有更强的市场竞争力。

5 结论

通过宽转速压缩机转速段、对应效率以及对应压缩机驱动控制程序的创新设计,完成宽转速变频压缩机的性能与可靠性验证,在对应冰箱载体上完成噪音与整机性能测试验证,结果合格。宽转速压缩机较常规高效压缩机具有更低成本优势,可以确保所用冰箱载体价格方面更具市场竞争力。

表1 VNB1113Y压缩机技术参数

压缩机型号	转速 RPM	制冷量 W	输入功率 W	COP W/W
VNB1113Y*	1200	62	33	1.88
	1600	86	44.7	1.92
	2400	107	54.5	1.96
	3000	162	84	1.93
	4500	231	130	1.78

表2 VETB90L压缩机技术参数

压缩机型号	转速 RPM	制冷量 W	输入功率 W	COP W/W
VETB90L*	900	42	24	1.75
	1200	62	33	1.88
	1600	85	44	1.93
	2400	105	55	1.91
	3000	160	85	1.88
	4500	227	132	1.72

表3 两款冰箱载体整机噪音实测结果

冰箱 编号	压缩机转速 (RPM)											
	990	1200	1350	1680	2100	2700	3000	3300	3600	3900	4200	
1 dB(A)	37.7	38.5	39.1	39.2	39.3	39.5	39.7	39.7	40.4	41.2	41.4	
2 dB(A)	37.8	38.4	39.2	39.3	39.3	39.6	39.8	39.9	40.3	41.3	41.5	

参考文献

- [1] 严天宏, 梁嘉麟, 李青. 压缩机的现状、发展及新型技术展望. 压缩机技术. 2011年第01期.
- [2] 魏邦福. 冰箱新能效标准应对方案综述. 家用电器. 2016年8期.
- [3] 夏加宽, 盛丽君, 刘纯江. 直接驱动环形永磁力矩电机低速齿槽转矩脉动补偿研究. 电气技术. 2009年第03期.