

YE4 系列三相异步电动机专用风扇的研究

周洪发

[上海电器科学研究所(集团)有限公司, 上海 200063]

摘要: 通过对 Y、Y2 和 YX3 系列风扇典型规格进行风扇特性的对比分析,研究了风扇参数对风扇特性的影响。在此基础上,设计了 YE4 系列超超高效率三相异步电动机专用的风扇模型,在 YE4-132S2-2 等 5 个规格样机上开展了对比试验验证,取得了预期效果。

关键词: YE4; 超超高效率; 异步电动机; 风扇

中图分类号: TM 343⁺.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-6540(2018)11-0083-05

Research on Special Fans for YE4 Series Three Phase Asynchronous Motors

ZHOU Hongfa

[Shanghai Electrical Apparatus Research Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200063, China]

Abstract: By comparing and analyzing the characteristics of typical fans of Y, Y2 and YX3 series, the influence of fan parameters on the fan characteristics was studied. On this basis, a special fan model for YE4 series super premium efficiency three-phase asynchronous motor was designed, and a comparative experiment was carried out on the 5 specifications prototypes of YE4-132S2-2 and so on. Expected results were obtained in the experiment.

Key words: YE4; super premium efficiency; asynchronous motor; fan

0 引言

自 20 世纪 80 年代起,根据中小型电机行业发展的需要,陆续完成了 Y 系列三相异步电动机、Y2 系列三相异步电动机及 Y3 系列三相异步电动机、YX3 系列高效率三相异步电动机产品的开发。近几年又跟随国际电工委员会 IEC 发布的全球统一的能效标准 IEC60034-30,完成了 YE2 系列高效率三相异步电动机、YE3 系列超高效率三相异步电动机等产品的研发。伴随上述系列产品开发的需要,同时完成了 Y 系列电机、Y2 系列电机及 YX3 系列电机等专用的系列风扇产品设计研发,并已在中小型电机行业中得到广泛的推广应用。该 3 套风扇系列产品各具特点,基本符合并满足了相应电机系列产品性能的需要。根据企业对各种产品的实际需求,目前该 3 类风扇都还在普遍的使用和混用^[1-2]。

随着全球统一能效标准 IEC60034-30-1:2014

的发布,高效电机效率的检测考核方法也发生了变化,规定要求按 112B 法实测电机的杂散损耗及温升加 25℃ 计算电机的损耗。对于目前最高的 IE4 超超高效率等级的电动机,其对应的损耗及温升都大幅度降低,不适合采用目前已有的上述 3 类风扇^[3]。为此,在研发 YE4 系列超超高效率三相异步电动机的同时,考虑研发 YE4 系列电机专用的风扇产品,并与华东理工大学合作,开展试验研究工作。

首先,对 Y、Y2、YX3 系列等风扇及风罩结构形式进行研究分析^[4-6]。对 Y、Y2、YX3 等典型规格样机的风扇结构形式开展风扇特性(如风量、风压、效率等)的对比分析,所得结论与实际情况基本相符。在此基础上,通过改进设计,提出了 YE4 系列电机新风扇的结构形式。

按照该新风扇结构形式,在 YE4-132S2-2 等 5 个规格样机上开展了与原 YX3 系列风扇结构形式的对比试验验证。采用最新的 3D 打印技术,

制作了 YE4 新风扇结构,在试验验证取得预期效果的基础上,完成了 YE4 系列电机专用风扇的系列设计。

1 Y、Y2、YX3 系列风扇性能分析

根据三相异步电动机的通风结构以及流体流动的特性,采用对比验证的方法,即对 Y、Y2、YX3 系列风扇模型采用相同的三维建模与流场模拟处理方式,对比各自的通风量、输入功率和风扇效率值。

1.1 风扇的流场分析

1.1.1 Y2 系列风扇的流场分析

通过对 Y2 系列风扇结构典型规格进行风扇特性的分析,所得空气压力分布云图和速度云图如图 1 和图 2 所示。

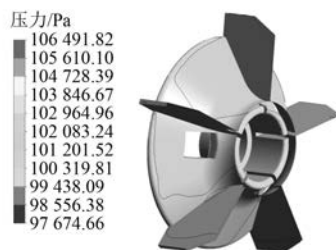


图 1 Y2 系列风扇表面压力云图

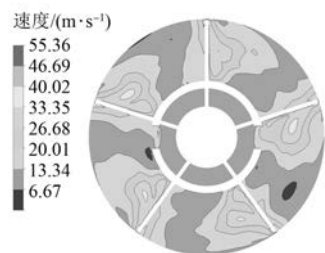


图 2 Y2 系列风扇回转头面速度云图

由图 1 可看出,叶片压力面上空气压力比吸力面大,在吸力面前段和中部的压力较低,在叶片接近尾部上压力又会迅速增加,最终与压力面尾部的压力接近。在吸力面上沿叶片外径方向压力变化简单,叶片绝大部分位置的压都高于吸力面。由图 2 可以看出,吸力面上的速度要比压力面大,且在吸力面后部区域有高速区域。另外,由于沿径向方向压力差的作用,吸力面尾部附近区域会产生较大涡流,在风扇后部筋板间流域中也有少量的小涡流存在。

1.1.2 Y 系列风扇的流场分析

图 3 所示为 Y 系列风扇表面的压力云图,其压力分布特点与 Y2 风扇相类似。Y 系列风扇回转头面速度云图如图 4 所示。

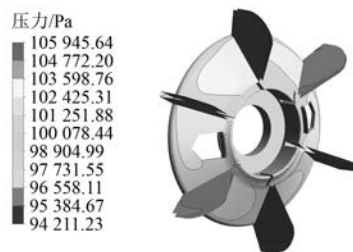


图 3 Y 系列风扇表面压力云图

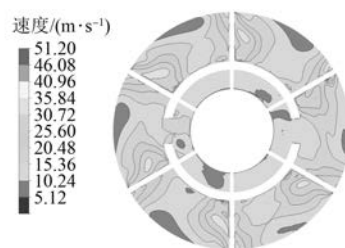


图 4 Y 系列风扇回转头面速度云图

由图 4 可看出,叶片吸力面的速度高于压力面,且速度场的对称性差,这可能与风扇上通孔存在有关。另外在吸力面尾部附近区域存在较大涡流,在通孔区域中也存在 2 个涡流。

1.1.3 YX3 系列风扇的流场分析

YX3 型号的风扇的压力面的压力比吸力面大。在压力面上局部存在低压区,其他区域压力变化不大。在吸力面上,叶片前段与盖板交界处存在局部高压,叶片前段和中部压力较低,沿径向方向叶片尾部压力变大,最终与压力面尾部的压力接近。YX3 系列风扇表面压力云图如图 5 所示。YX3 系列风扇回转头面速度云图如图 6 所示。由图 6 可看出,叶片吸力面的速度较压力面

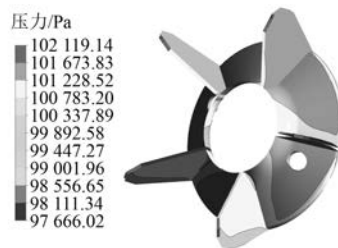


图 5 YX3 系列风扇表面压力云图

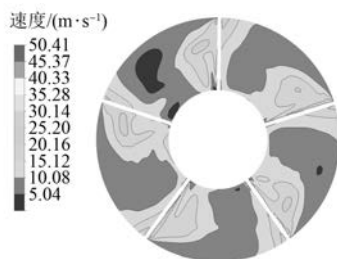


图6 YX3 系列风扇回转身速度云图

大,在风扇局部存在低速区。另外,除在吸力面尾部区存在涡流外,在靠近风扇轮毂处也存在涡流。

1.2 风扇特性的计算分析

通过对 Y、Y2、YX3 等不同型号风扇和风罩的相同处理方式,在相同的边界条件下,计算其通风量、风扇输入功率和风扇效率。

风扇通过转轴的输入功率为

$$N_0 = T\omega \quad (1)$$

气体实际获得的有效功率为

$$N = \Delta PQ \quad (2)$$

外风扇的效率为

$$\eta = \frac{N}{N_0} = \frac{\Delta PQ}{T\omega} = 9.55 \frac{\Delta PQ}{Tn} \quad (3)$$

式中: T ——输入到风扇上的扭矩;

ω ——电机角速度, $\omega = \frac{2\pi n}{60}$;

n ——电机转速, $n = 2\,920 \text{ r/min}$;

ΔP ——风扇区域出入口的总压差;

Q ——通过风扇的空气流量。

Y、Y2、YX3 风扇典型规格的通风量、输入功率和效率的参考计算值如表 1 所示。由表 1 可知, Y 系列风扇的通风量最大, YX3 系列风扇的通风量最小; Y2 系列风扇的输入功率(损耗)最大, YX3 系列风扇的输入功率(损耗)最小。这与 Y、Y2、YX3 系列风扇的实际情况基本相符。

表 1 Y、Y2、YX3 系列风扇特性对比

类别	Y 系列风扇	Y2 系列风扇	YX3 系列风扇
通风量/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	0.096 27	0.090 72	0.052 56
输入功率/W	57.355	60.023	15.415
风扇效率/%	32.06	33.40	16.73

2 风扇结构的优化分析

风扇的结构型式是影响电机温升的重要因素

之一,风扇叶片的数目、外径和宽度等对电机的通风效果都有较大的影响。由表 1 可知, YX3 系列风扇的输入功率(损耗)比 Y、Y2 系列风扇大幅度降低,基本符合 YX3 系列高效率三相异步电动机要求,相比 Y、Y2 系列三相异步电动机,具有效率高、损耗小、发热量低等特点;但 YX3 系列风扇效率低于 Y、Y2 系列风扇。

由于 YE4 系列超超高效率三相异步电动机比 YX3 系列高效率三相异步电动机的效率更高、损耗更小,对应的发热量也进一步减少。为了获得更好的风扇,需进一步增大风扇产生的通风量,同时提高风扇效率和降低输入功率。为此,考虑对 YX3 系列风扇结构型式进行优化,在对应 YX3 系列风扇特性的基础上,在通风量基本相当的情况下,进一步降低风扇输入功率,同时提高风扇的效率。

在对 YX3 系列风扇在不同叶片数、叶片外径和叶片宽度时风扇性能的变化情况进行分析计算,计算结果如图 7~图 9 所示,其中 Z 代表叶片数, D 代表叶片外径, B 代表叶片宽度。

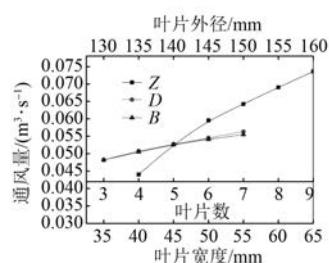


图7 不同叶片数、外径及宽度时的风扇通风量

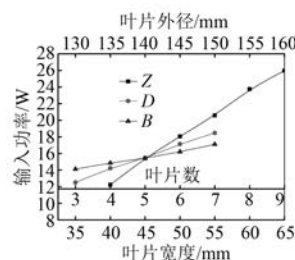


图8 不同叶片数、外径及宽度时的风扇输入功率

从图 7 可以看出,风扇通风量随风扇叶片外径的变化明显,随风扇叶片宽度的变化偏弱。由图 8 可知,风扇叶片外径的变化,对风扇输入功率(即对应机械损耗量)的影响比叶片宽度变化时更大,因此增大叶片宽度对于风量的增加和输入

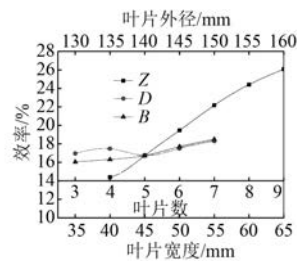


图 9 不同叶片数、外径及宽度时的风扇效率

功率的相对减少比较有利。图 9 中,风扇的效率随叶片外径的增大先增大再减小,之后再增大,而随着叶片宽度的增大其缓慢变大。

通过以上分析计算,结合 Y、Y2 系列风扇效率较高的特点,设计了 YE4 系列超超高效率三相异步电动机专用的风扇模型,其典型规格的风扇特性与 YX3 系列风扇特性的对比情况如表 2 所示。

由表 2 的对比数据可知, YE4 系列新风扇与 YX3 系列风扇比较,其通风量降低了 3.53%,其风

表 2 YE4 系列与 YX3 系列风扇特性对比

类别	YE4 系列风扇	YX3 系列风扇
通风量/(m ³ ·s ⁻¹)	0.050 78	0.052 56
输入功率/W	13.243	15.415
风扇效率/%	18.24	16.73

扇输入功率(即对应机械损耗量)降低了 14.09%, 风扇效率提高了 9.02%。

3 试验验证分析

按照所设计的 YE4 系列超超高效率三相异步电动机专用风扇模型,在 YE4-132S2-2 等 5 个规格样机上开展与原 YX3 风扇结构形式的对比试验验证。采用最新 3D 打印技术,制作了 YE4 系列新风扇结构。样机首先采用了 YX3 系列风扇结构形式进行试验,然后更换 YE4 系列新风扇后再进行试验。测试所得数据如表 3 所示。由于 2 次测试的机械损耗有偏差,通过等效参数修正后的数据如表 4 所示。

表 3 YE4 系列新风扇与 YX3 系列风扇样机损耗数据对比

风扇类别		效率/%	空载损耗/W	铁耗/W	机械损耗/W	温升/K	轴承温度/℃	环温/℃	规格
YX3	1	92.38	237.2	150.3	64.60	39.6	44.4	17.1	132S2-2
	2	91.75	262.9	150.8	91.80	39.7	46.6	19.4	
YE4	1	92.76	211.7	136.4	52.50	39.3	48.1	22.8	132S2-2
	2	92.47	228.8	148.9	58.50	40.1	49.9	23.6	
YX3		94.11	571.0	333.0	200.00	39.2	33.2	-	180M-2
YX4		94.24	538.0	281.4	219.00	38.4	35.1	-	
YX3		94.86	890.9	492.4	347.60	41.7	55.7	20.3	200L2-2
YE4	1	94.98	878.8	469.7	358.96	40.7	54.0	20.9	
	2	95.21	797.8	471.7	273.40	45.0	65.6	30.1	
	3	95.15	845.3	471.1	322.60	45.9	61.1	24.2	
YX3		95.71	1 547.6	593.3	896.90	35.5	51.0	29.4	250M-2
YX4		95.84	1 449.9	592.7	795.8	33.4	51.0	30.1	
YX3		96.36	1 709.0	1 020.0	600.80	41.2	39.0	16.8	315S-4
YX4		96.72	1 510.0	917.5	498.36	39.3	47.9	25.6	

在 YE4-200L2-2 样机上开展了 3 款不同风扇参数尺寸的对比试验验证,试验数据如表 5 所示。

由表 3~表 5 可知,采用 YE4 系列新风扇样机的空载损耗明显下降,按照修正后数据分析,在铁耗基本不变的情况下,电机的机械损耗也明显

降低。在风扇外径减小的情况下,样机的温升基本保持不变,风量明显增大,表明 YE4 系列新风扇结构的通风效果明显优于 YX3 系列风扇,取得了预期效果。

表 4 YE4 系列新风扇与 YX3 系列风扇样机损耗修正数据对比

风扇类别		空载损耗/W	铁耗/W	机械损耗/W		温升/K	规格
				测试值	$\Delta/\%$		
YX3	1	237.20	150.3	64.60	—	39.6	132S2-2
	2	262.90	150.8	91.80	—	39.7	
YE4	1	211.70	150.3	38.60	40.2	39.3	
	2	228.80	150.8	56.60	38.3	40.1	
YX3		571.00	333.0	200.00	—	39.2	180M-2
YX4		538.00	333.0	167.40	16.3	38.4	
YX3		890.90	492.4	347.60	—	41.7	200L2-2
YE4		878.80	492.4	336.30	3.25	40.7	
YX3		95.71	593.3	896.90	—	35.5	250M-2
YX4		95.84	592.7	795.80	11.27	33.4	
YX3		1 709.00	1 020.0	600.80	—	41.2	315S-4
YX4		1 510.00	1 020.0	395.90	34.1	39.3	

表 5 YE4-200L2-2 不同参数新风扇测试数据对比

类别	空载损耗/W	铁耗/W	机械损耗/W	温升/K	轴承温度/℃	环温/℃	空载噪声 dB/A
风扇 1	878.8	469.7	358.96	40.7	54.0	20.9	82.6
风扇 2	797.8	471.7	273.40	45.0	65.6	30.1	82.5
风扇 3	845.3	471.1	322.60	45.9	61.1	24.2	82.2

4 结 语

通过对 Y、Y2 和 YX3 系列风扇典型规格进行风扇特性(通风量、输入功率和风扇效率)对比分析,同时对不同叶片数、叶片外径和叶片宽度对风扇性能的影响进行研究,设计了 YE4 系列超超高效率三相异步电动机专用的风扇模型。在 YE4-132S2-2 等 5 个规格样机上开展了与原 YX3 系列风扇结构形式的对比试验验证,试验结果表明:YE4 系列电机专用风扇结构的通风效果明显优于 YX3 系列风扇,达到了预期目标。根据试验验证结果,完成了 YE4 系列超超高效率三相异步电动机(H80~450)专用风扇结构的系列设计。

【参 考 文 献】

[1] 季杏法.小型三相异步电动机技术手册[M].北京:

机械工业出版社,1987.

[2] 黄国治,傅丰礼.Y2 系列三相异步电动机技术手册[M].北京:机械工业出版社,2004.

[3] 黄坚,姚丙雷,顾德军,等.IE4 超超高效率电动机系列产品的开发[J].电机与控制应用,2018,45(2): 56-61.

[4] 崔贤淑,李杰,李国强,等.YX 系列高效率三相异步电动机外风扇结构验证小结[J].中小型电机,1984,11(2): 22-24.

[5] 刘夫乾,李志强,黄坚.一种超高效率电机新型风扇结构的考虑[J].电机与控制应用,2010,37(12): 18-20.

[6] 金晶,邹淑芳,张惠英,等.压缩机专用电机高效风扇的研究[J].电机与控制应用,2013,40(12): 61-64.

收稿日期: 2018-07-06