

YE3 系列 (IP23) 设计参数的分析和测试验证*

金 晶, 顾卫东, 王磊明

(上海电机系统节能工程技术研究中心有限公司, 上海 200063)

摘 要: YE3 系列(IP23)三相异步电动机在整体结构上做了全新的设计, 直接影响了电动机各种设计参数的选取。对杂散损耗、机械损耗以及气隙等设计值的选取作了对比分析, 并结合样机测试数据来验证取值的合理性。

关键词: YE3 系列三相异步电动机; 效率; 杂散损耗; 机械损耗; 气隙; 试验验证

中图分类号: TM 306 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-6540(2017)10-0106-04

Analysis of Design Parameters and Test Validation of YE3 Series (IP23) Three-Phase Asynchronous Motors*

JIN Jing, GU Weidong, WANG Leiming

(Shanghai Engineering Research Center of Motor System Energy Saving Co., Ltd., Shanghai 200063, China)

Abstract: The overall structure of the new design of YE3 series (IP23) three-phase asynchronous motor, which directly affected the motor selection of various design parameters. The selection of design values such as stray loss, mechanical loss and air gap were compared and analyzed, and combined with prototype test data to verified the rationality of the values.

Key words: YE3 series three-phase asynchronous motor; efficiency; stray losses; mechanical loss; air gap; test validation

0 引 言

效率是电动机的重要性能指标, 其高低取决于运行时电动机中所产生的损耗^[1]。损耗越大, 效率就越低。损耗的大小除了与所选择的电磁负荷有关外, 还与材料性能、绕组形式、电动机结构等有密切关系。由于 YE3 系列(IP23)产品在电动机结构上做了全新的设计, 会直接影响电动机的损耗变化。本文就杂散损耗、机械损耗以及气隙等设计值的选取作了对比分析, 并结合样机测试数据来验证取值的合理性。

1 杂散损耗设计值的选取和验证

负载杂散损耗分为基频杂散损耗和谐波杂散损耗(又名高频杂散损耗)。基频杂散损耗是绕

组及绕组端部漏磁在邻近的金属部件中产生的磁滞损耗和涡流损耗等, 而谐波杂散损耗有齿谐波产生的齿部脉振损耗、表面损耗、转子谐波损耗、铸铝转子导条间的横向泄漏电流损耗等。

杂散损耗的大小与电动机的设计参数、加工工艺质量等因素有关^[1]。杂散损耗过大不但会严重影响电机的效率及起动性能, 还可能造成绕组温升的上升。因此, 在 YE3 系列(IP23)产品参数设计时, 对现有的 YE2 系列(IP55)、YE3 系列(IP55)、YNE3 系列、YYSE2 系列(IP55)及 YFE2 系列等高效、超高效系列的杂散损耗试验值做了大量的数据比对和分析, 如表 1 所示。

表 1 是根据不同的额定功率下, 各系列最小、最大以及平均试验值的标么值。由于各个电动机制造企业在制造工艺等因素上存在一定的差异

* 基金项目: 上海电机系统节能工程技术研究中心能力提升项目(14DZ2280800)

作者简介: 金 晶(1983—), 女, 工程师, 研究方向为高效节能三相异步电动机系列产品的开发。

顾德军(1973—), 男, 高级工程师, 研究方向为高效电机设计。

性,试验值的离散性比较大,故 YE3 系列(IP23)杂散损耗设计值(标么值)的选取与各系列产品的平均试验值(标么值)较接近。YE3 系列(IP23)杂散损耗设计值(标么值)如表 2 所示。

表 1 各系列杂散损耗试验值(标么值)汇总			
功率/ kW	各系列杂散损 耗的最小试 验值(标么值)	各系列杂散损 耗的最大试 验值(标么值)	各系列杂散损 耗的平均试 验值(标么值)
11	0.004 36	0.019 14	0.011 03
15	0.010 25	0.019 67	0.013 68
18.5	0.006 47	0.023 01	0.012 71
22	0.009 08	0.017 52	0.013 47
25	0.012 17	0.013 83	0.013
30	0.006 18	0.016 65	0.011 48
37	0.005 38	0.018 21	0.011 76
45	0.005	0.016 79	0.010 03
55	0.005 11	0.015 32	0.010 26
90	0.005	0.016 61	0.010 96
132	0.004 21	0.013 67	0.008 8

表 2 YE3 系列(IP23)杂散损耗输入值(标么值)				
机座号	2P	4P	6P	8P
160	0.015	0.015	0.012	0.012
180	0.012	0.012	0.012	0.012
200	0.012	0.012	0.012	0.012
225	0.009 5	0.009 5	0.009 5	0.009 5
250	0.009 5	0.009 5	0.009 5	0.009 5
280	0.009 5	0.009 5	0.009 5	0.009 5
315	0.007 5	0.007 5	0.007 5	0.007 5
355	0.007 5	0.007 5	0.007 5	0.007 5

将 YE3 系列(IP23)杂散损耗设计值(标么值)与试制样机的试验值(标么值)作比较分析,如表 3 所示。

从表 3 可知,对比了 10 个规格、共 16 台样机的杂散损耗测试数据,其中有 4 台样机的杂散损耗比设计值大很多,分别是 YE3(IP23)-225M-6 30 kW 2 台、YE3(IP23)-225M-4 45 kW 1 台以及 YE3(IP23)-250M-4 55 kW 1 台,有 6 台样机的测试数据与设计值非常接近,剩下的都比设计值小。

通过对比发现由于杂散损耗的大小与电动机本身的加工工艺关系很大, YE3 系列(IP23)杂散

表 3 YE3 系列(IP23)杂散损耗设计值与试验值(标么值)

功率/ kW	型号	YE3 系列(IP23)杂散损耗(标么值)	
		设计值	试验值
11	YE3(IP23)-160L-6	0.012	0.009 3
			0.009 8
	YE3(IP23)-180L-8	0.012	0.013 8
15	YE3(IP23)-160L-4	0.015	0.011 4
			0.008 8
	YE3(IP23)-225M-6	0.015	0.009 3
30	YE3(IP23)-250M-8	0.009 5	0.016 7(216W)
			0.017 0(225W)
	YE3(IP23)-250M-6	0.009 5	0.010 3
37	YE3(IP23)-250M-6	0.009 5	0.009 6
45	YE3(IP23)-225M-4	0.009 5	0.014 8(238.5 W)
55	YE3(IP23)-250M-4	0.009 5	0.011 6(115.5 W)
110	YE3(IP23)-315L1-6	0.007 5	0.007 15
			0.007 4
	YE3(IP23)-315L1-4	0.007 5	0.005 8
160	YE3(IP23)-315L1-4	0.007 5	0.005 5

损耗设计值的选取基本合理,而对机座号 225 和 250 杂散损耗的设计值取值略小,是否需要修改留待今后做更多的验证来确定。

2 机械损耗设计值的选取和验证

三相异步电动机的机械损耗主要包括轴承摩擦损耗和通风损耗。在大多数情况下轴承摩擦损耗的摩擦因数很难确定,而通风损耗更是难以准确确定,一般情况下电动机的机械损耗总是根据现有电动机的试验数据来近似计算或估取。

对于封闭式结构的电动机,由于电动机轴上带有独立的冷却风扇,导致电动机在不同的转速情况下的机械损耗存在明显的变化,而开启式电机其自身不带有独立冷却风扇,机械损耗受转速变化影响应该不明显。

为了验证上述情况,对现有不带独立风扇的 IP23 结构的产品做了电动机在 50 Hz 和 60 Hz 两个不同频率下的空载对比试验,如表 4 所示。

从表 4 可知,在相同功率的情况下,60 Hz 的机械损耗的试验值较 50 Hz 略大,但对于 50 Hz 时的取值能作一定的参考。

对比现有 NEMA 系列 60Hz 的试验数据,再

表 4 IP23 电机 50 Hz、60 Hz 机械损耗对比表						
机座号	额定电压/V	频率/Hz	极数	功率		机械损耗 P_{fw}
				HP	kW	试验值
H160	460	60	2	25	18.65	272.3
	380	50		25	18.65	197.3
H200	460	60	4	50	37.3	257.7
	380	50		50	37.3	217.7
H225	575	60	6	40	30	142.3
	523	50		30	22	128.3
H280 ($\phi 493$)	575	60	4	200	149.2	1 111
	475	50		200	149.2	1 010

结合原先 Y 系列 (IP23) 的试验数据,并考虑到国内、国外企业在制造工艺等一些因素上存在的差异对机械损耗的影响,以及 YE3 系列 (IP23) 的定子外径比 Y 系列 (IP23) 的小,而机座的结构变化也跟机械损耗的大小有关系等因素,初步确定了部分 YE3 系列 (IP23) 机械损耗的设计值,如表 5 所示。

表 5 YE3 系列 (IP23) 部分机械损耗设计值					
机座号	频率/Hz	极数	NEMA 系列 60 Hz	Y 系列 (IP23)	YE3 系列 (IP23)
			试验值/W	试验值/W	设计值/W
H180	60	4	94	—	90
H200	60	4	159	—	150
	50		—	116/205	
H225	50	6	—	120	120
	50	2	—	880/800	750
H250	60	4	370	—	350
	50		—	360/380	
	50		—	180/90	
H280	60	4	650	—	600

由表 5 的机械损耗设计值为基础,初步确定了 YE3 系列 (IP23) 机械损耗的设计值,如表 6 所示。

将 YE3 系列 (IP23) 机械损耗设计值与试制样机的试验值作比较,如表 7 所示。

从表 7 可知,对比 9 个规格共 14 台样机的机械损耗测试数据,机械损耗的设计值都比试验值大。观察相同规格的不同样机测试值发现,相同规格的测试值也不是完全相同,特别是 H315 机座号,相同规格的 2 台不同样机的测试值要相差 1 倍,但其铁耗测试值 (4 极 1 372 W/1 475 W ;

表 6 YE3 系列 (IP23) 机械损耗设计值					W
机座号	2P	4P	6P	8P	
160	165	65	35	30	
180	250	90	50	45	
200	350	150	75	70	
225	550	250	120	110	
250	750	350	150	130	
280	1 000	600	250	220	
315	1 300	900	500	450	
355	3 500	2 000	1 200	1 000	

表 7 YE3 系列 (IP23) 机械损耗设计值与试验值比较			
型号	功率/kW	YE3 系列 (IP23) 机械损耗	
		设计值	试验值
YE3 (IP23) -160L-4	15	65	45
			54
YE3 (IP23) -160L-6	11	35	24
			17
YE3 (IP23) -180L-8	11	45	27
			15
YE3 (IP23) -225M-4	45	250	199
YE3 (IP23) -250M-4	55	350	208
YE3 (IP23) -250M-6	37	150	99
YE3 (IP23) -250M-8	30	130	65
YE3 (IP23) -315L1-4	160	900	449
			748
YE3 (IP23) -315L1-6	110	500	532
			253

6 极 1 327 W/1 397 W) 相差却不太大。这说明在空载试验中机械损耗的测试也会存在偏差,只有通过不断的试验和数据总结才能更好地来确定机械损耗。

通过对比发现 YE3 系列 (IP23) 机械损耗设计值选取得略大。由于现有的测试数据非常有限,所以以后会结合更多地测试数据作更好地调整和完善。

3 气隙设计值的比较和选取

电动机附加损耗与气隙的 1.5 次方有关。随着气隙的增加,附加损耗会逐步下降,但气隙的增大会导致电动机的激磁电流和空载电流的增大,

功率因数正比于空载电流与额定电流 I_N 之比。随着气隙的放大,功率因数会逐渐减小,电流增加,对杂散损耗有时会产生负面效应,因此在放大气隙的同时,要综合考虑各参数之间的变化。

现将 YE2 系列 (IP55)、YE3 系列 (IP55)、YYSE2 系列 (IP55) 以及 Y 系列 (IP23) 等的气隙值作了汇总,如表 8 所示。

表 8 YE2/YE3/YYSE2/Y (IP23) 气隙长度的比较					mm
机座号	2 极 YE2/ YE3/YYSE2/ Y (IP23)	4 极 YE2/ YE3/YYSE2/ Y (IP23)	6 极 YE2/ YE3/ Y (IP23)	8 极 Y (IP23)/ Y (IP44)	
160	0.7/0.9/ 0.8/0.8	0.55/0.60/ 0.60/0.55	0.45/0.45/ 0.45	0.45/0.4	
180	0.90/1.0/ 1.0/1.0	0.65/0.70/ 0.70/0.65	0.50/0.55/ 0.5	0.5/0.45	
200	1.10/1.20/ 1.2/1.1	0.75/0.85/ 0.80/0.7	0.55/0.60/ 0.5	0.5/0.5	
225	1.20/1.30/ 1.4/1.2	0.85/1.0/ 0.95/0.8	0.60/0.70/ 0.55	0.55/0.5	
250	1.30/1.40/ 1.6/1.5	1.00/1.1/ 1.15/0.9	0.70/0.80/ 0.65	0.65/0.55	
280	1.55/1.65/ 1.8/1.6	1.10/1.20/ 1.3/1.0	0.80/0.90/ 0.70	0.70/0.65	
315	2.00/2.0/ 2.2/1.8	1.30/1.30/ 1.5/1.4	1.10/1.10/ 1.2	1.0/0.9	
355	2.40/2.4/ 2.6/2.2	1.70/1.70/ 1.9/1.6	1.30/1.30/ 1.2	1.0/1.0	

比较了表 8 数据后,对 YE3 系列 (IP23) 的气隙值的选取做了规定,如表 9 所示。

表 9 YE3 系列 (IP23) 三相异步电动机的气隙长度 mm

机座号	2 极	4 极	6 极	8 极
160	0.8	0.55	0.45	0.40
180	1.0	0.65	0.50	0.45
200	1.1	0.75	0.55	0.50
225	1.2	0.85	0.6	0.55
250	1.4	1.0	0.7	0.65
280	1.6	1.2	0.8	0.70
315	2.0	1.4	1.1	0.85
355	2.4	1.7	1.3	1.1

在样机试制中发现,极数大的电机 (6、8 极) 的功率因数较设计值偏差大,造成这一情况有设计程序本身的原因,但也不排除气隙对于功率因数的影响。在今后的研究中会安排做大、小气隙的对比试制,从而选取最合适的气隙值来满足设计的需要。

4 结 语

由于 YE3 系列 (IP23) 产品在电动机结构上做了全新的设计,直接影响了电动机各种设计参数的变化,从而对电动机的效率产生影响。本文通过现有大量数据的对比分析、针对性试验,初步确定了电动机杂散损耗、机械损耗以及气隙的设计值的选取,并结合试制样机的测试数据来验证其合理性,从中汲取经验来更好地完善产品设计。

【参 考 文 献】

[1] 陈世坤.电机设计[M].北京:机械工业出版社, 2000.

收稿日期: 2017 -02 -24

声 明

本刊已许可万方数据、重庆维普、中国学术期刊(光盘版)电子杂志社、北京世纪超星信息技术发展有限责任公司在其网站及其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网

络传播本刊全文。该社著作权使用费与本刊相关费用抵消。如作者不同意文章被收录,请在来稿时向本刊声明,本刊将做适当处理。

《电机与控制应用》编辑部