

# 多极和双通道旋转变压器通用规范

GB/T 10404-2007《多极和双通道旋转变压器通用规范》规定了多极和双通道旋转变压器的产品分类、技术要求、试验方法、检验规则等。

GB/T 10404-2007《多极和双通道旋转变压器通用规范》适用于在幅值控制的同步随动系统和轴角—数字转换中作为精密角度传感器元件用的多极和双通道旋转变压器。

GB/T 10404-2007《多极和双通道旋转变压器通用规范》由西安微电机研究所起草。

GB/T 10404-2007《多极和双通道旋转变压器通用规范》由中国电器工业协会提出。

GB/T 10404-2007《多极和双通道旋转变压器通用规范》由全国微电机标准化技术委员会归口。

## 您遇到过这样的问题吗？

两个测试设备准确度都满足国家标准要求的试验站，对同一台电机的合格判定出现截然不同的结论？

这个问题在电机试验检测中较为普通，可能原因有多方面的因素：

- 1、幅值、频率、相位等精度要求与测试设备标称精度的对应条件不符；
- 2、测试方法不正确；
- 3、现场干扰对测试信号的影响；

详细内容参考：

[前端数字化\\_复杂电磁环境下的高精度测量解决方案](#)  
[不同功率因数下相位误差对功率测量准确度的影响](#)  
[幅值对测量准确度的影响？](#)  
[准平均值真的可以替代基波有效值吗？](#)



**电机试验台典型案例**

助力电机能效提升计划，加速电机产业转型升级



**WP4000 变频功率分析仪**

WP4000 变频功率分析仪\_全局精度功率分析仪



**DP800 数字功率计**

5~400Hz 范围内实现 0.2% 的全局精度的

低成本宽频高精度功率计



中国变频电量测量与计量的领军企业  
国家变频电量测量仪器计量站创建单位  
国家变频电量计量标准器的研制单位

咨询电话：400-673-1028 / 0731-88392611  
产品网站：[www.vfe.cc](http://www.vfe.cc)  
E-mail: AnyWay@vfe.cc

ICS 29.160.30  
K 24



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 10404—2007  
代替 GB/T 10404—1989

---

## 多极和双通道旋转变压器通用技术条件

General specification for multipolar and two-speed electrical resolvers

2007-12-03 发布

2008-05-20 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	I
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 产品分类 .....	1
4 技术要求 .....	2
5 试验方法 .....	13
6 检验规则 .....	21
7 质量保证期 .....	23
8 标志、包装、运输和储存 .....	24
附录 A (资料性附录) 多极和双通道旋转变压器技术性能参数表 .....	25

## 前 言

本标准代替 GB/T 10404—1989《多极和双通道旋转变压器通用技术条件》。

本标准与 GB/T 10404—1989 相比主要变化如下：

- 根据 GB/T 7345—1994《控制微电机基本技术要求》修订的内容取消强冲击、防爆炸两个检验项目,并删除相关条款中对这两项的要求;
- 根据 GB 18211—2000《微电机安全通用要求》增加了安全的相关内容;
- 根据 GB/T 7345—1994《控制微电机基本技术要求》修订的内容对本标准进行了相关内容的修订;
- 按照 GB/T 1.1—2000《标准化工作导则 第1部分:标准的结构和编写规则》的规定,对标准的编排格式进行了修改。

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国微电机标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:西安微电机研究所。

本标准主要起草人:谭莹、张晓宇、樊君莉。

本标准替代历次标准发布情况为:

- GB/T 10404—1989。

# 多极和双通道旋转变压器通用技术条件

## 1 范围

本标准规定了多极和双通道旋转变压器的产品分类、技术要求、试验方法、检验规则等。

本标准适用于在幅值控制的同步随动系统和轴角—数字转换中作为精密角度传感元件用的多极和双通道旋转变压器。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 2828.1—2003 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划(ISO 2859-1:1999, IDT)

GB/T 7345—1994 控制微电机基本技术要求

GB/T 10405—2001 控制电机型号命名方法

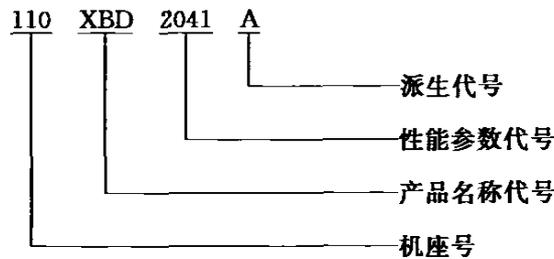
GB 18211—2000 微电机安全通用要求

JB/T 8162—1999 控制微电机 包装技术条件

## 3 产品分类

### 3.1 型号

多极和双通道旋转变压器(以下简称电机)的型号按 GB/T 10405—2001 的规定由以下四部分组成。



### 3.2 机座号

机座号与电机外径的关系见表1。

表 1

机座号	电机外径/mm	机座号	电机外径/mm
45	45	160	160
70	70	200	200
(90)	90	250	250
110	110	320	320
(130)	130	400	400

注：圆括号中的数字为非优选的机座号。

3.3 产品名称代号

产品名称代号由三个大写汉语拼音字母组成。

多极旋变发送机为 XFD(旋、发、多)；

多极旋变变压器为 XBD(旋、变、多)；

双通道旋变发送机为 XFS(旋、发、双)；

双通道旋变变压器为 XBS(旋、变、双)。

3.4 性能参数代号

性能参数代号由四位阿拉伯数字组成,前两位数字为极对数代号,第三位数字为频率代号,第四位数字为电压代号。

极对数代号与极对数的对应关系见表 2。

表 2

极对数代号	极对数	极对数代号	极对数
04	4	30	30
08	8	32	32
15	15	36	36
16	16	64	64
20	20	28	128

频率代号与额定频率的对应关系见表 3。

表 3

频率代号	额定频率/Hz
1	1 000
2	2 000
3	400
7	混频

电压代号与额定电压的对应关系见表 4。

表 4

电压代号	额定电压/V
1	12
2	26
3	36

3.5 派生代号

派生代号用一个大写汉语拼音字母表示。A~L 表示结构派生代号。L 以后的字母表示性能或其他结构派生代号。

4 技术要求

4.1 使用环境条件

电机的使用环境条件应符合 GB/T 7345 1994 中 4.1 的规定。

4.2 基本参数

电机的基本参数应符合表 5 规定。

表 5

参 数	类 型	
	XFD, XFS	XBD, XBS
额定频率/Hz	400, 1 000, 2 000	
精机开路输入阻抗/ $\Omega$	100, 150, 200, 400, 600, 800	
极对数	4, 8, 15, 16, 20, 30, 32, 36, 64, 128	
额定电压/最大输出电压/(V/ V)	36/12	12/6
	26/12	
	26/5	

4.3 技术性能参数

电机的技术性能参数应符合产品专用技术条件的规定,可参考附录 A。

4.4 旋转方向

从非出线端视之,转子逆时针方向旋转为正方向。

4.5 电气原理图及基准电气零位

靠近粗机基准电气零位的那个精机电气零位称为电机的基准电气零位。

从非出线端视之,当电机处于基准电气零位时,定转子绕组相对位置及其矢量关系如表 6 规定。

电机输出绕组的输出电压应满足表 6 的电压方程式。

表 6

类型	电气原理图	矢量图	输出电压方程式
XFS 型			$U_{S1S3} = K_1 U_{R1R3} \cos(\theta + \theta_{OP})$ $U_{S2S4} = K_1 U_{R1R3} \sin(\theta + \theta_{OP})$ $U_{S5S7} = K_F U_{R5R7} \cos p\theta$ $U_{S6S8} = K_F U_{R5R7} \sin p\theta$
XFD 型			$U_{S5S7} = K_F U_{R5R7} \cos p\theta$ $U_{S6S8} = K_F U_{R5R7} \sin p\theta$



表 7

单位为毫米

机座号	尺寸代号及公差带								
	D	D <sub>1</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>7</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	L
	h10	h7	h10	H7	±0.1	±0.1	—	—	≤
45	45	45	50	6	4	4	0.02	0.02	35
70	70	70	76	20	6	6	0.03	0.03	35
90	90	90	98	40					35
110	110	110	118	50					35
130	130	130	140	70			40		
160	160	160	170	80			40		
200	200	200	210	100			45		
250	250	250	260	150	50				
320	320	320	350	200	15	10	0.05	0.05	55
400	400	400	430	250					60

4.7.2 派生结构

派生结构的派生代号、结构型式与轴伸型式等外形及安装尺寸应符合表 8 的规定。

表 8

派生代号	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L
机座号	70~400		70~160								45
结构型式	分装式		组装式								
安装型式	有凸缘	无凸缘	法兰盘及腰形孔				外圆及凸缘				端部大止口及凹槽
结构图	图 1	图 2	图 3				图 4				图 5
外形尺寸	表 9	表 10	表 11				表 12				表 13
轴伸型式*	空心轴		光轴伸	螺纹止推轴伸	光轴伸双轴伸	螺纹止推轴伸双轴伸	光轴伸	螺纹止推轴伸	光轴伸双轴伸	螺纹止推轴伸双轴伸	光轴伸
轴伸结构	—		图 6	图 7	图 6	图 7	图 6	图 7	图 6	图 7	图 5
轴伸尺寸	—		表 14	表 15	表 14	表 15	表 14	表 15	表 14	表 15	表 13
* 双轴伸电机的另一端轴伸应符合图 8 和表 16 的规定。											

表 9

单位为毫米

机座号	尺寸代号及公差带								
	$D$	$D_1$	$D_0$	$D_7$	$h_2$	$h_3$	$t_2$	$t_3$	$L$
	h10	h7	h10	H7	$\pm 0.1$	$\pm 0.1$	—	—	$\leq$
70	70	70	76	30	6	6	0.03	0.03	35
90	90	90	98	20					35
110	110	110	118	30					35
130	130	130	140	40			40		
200	200	200	210	120			0.04	0.04	45
320	320	320	350	150	15	10	0.05	0.05	55
400	400	400	430	200					60

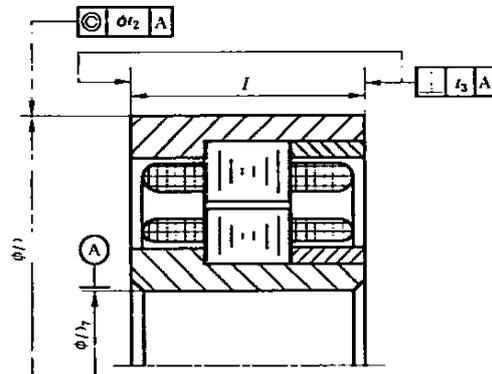


图 2

表 10

单位为毫米

机座号	尺寸代号及公差带				
	$D$	$D_7$	$t_2$	$t_3$	$L$
	h7	H7		—	$\leq$
70	70	20	0.03	0.03	35
90	90	40			35
110	110	50			35
130	130	70	0.04	0.04	40
160	160	80			40
200	200	100			45
250	250	150	0.05	0.05	45
320	320	200			55
400	400	250			60

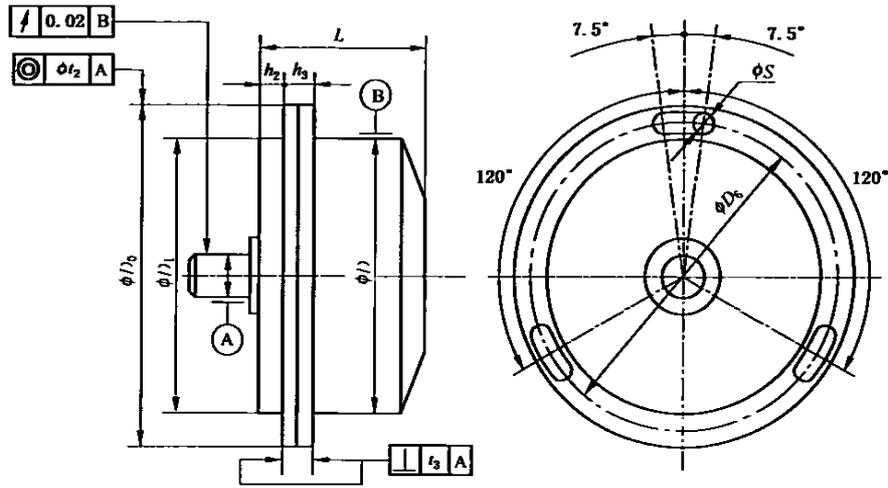


图 3

表 11

单位为毫米

机座号	尺寸代号及公差带									
	$D$	$D_1$	$D_0$	$D_6$	$S$	$h_2$	$h_3$	$t_2$	$t_3$	$L$
	h10	h7	h10	$\pm 0.1$	—	$\pm 0.1$	$\pm 0.1$	—	—	$\leq$
70	70	70	84	77	4	6	8	0.03	0.06	70
90	90	90	104	97				0.05	0.10	60
110	110	110	128	119	5	8	10	0.05	0.10	55
130	130	130	148	139						55
160	160	160	178	169						50

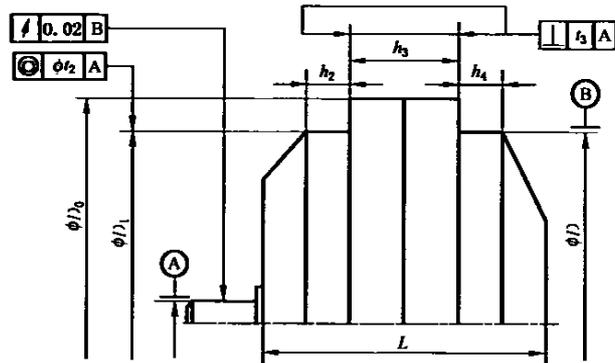


图 4

表 12

单位为毫米

机座号	尺寸代号及公差带								
	$D$	$D_1$	$D_0$	$h_2$	$h_3$	$h_4$	$t_2$	$t_3$	$L$
	h10	h7	h10	$\pm 0.1$	$\pm 0.1$	$\pm 0.2$	—	—	$\leq$
70	70	70	82	8	25.5	11.5	0.03	0.06	55
90	90	90	100	9	14	9	0.05	0.10	40
110	110	110	122	8		8			
130	130	130	142		20				
160	160	160	176	6	25	6			

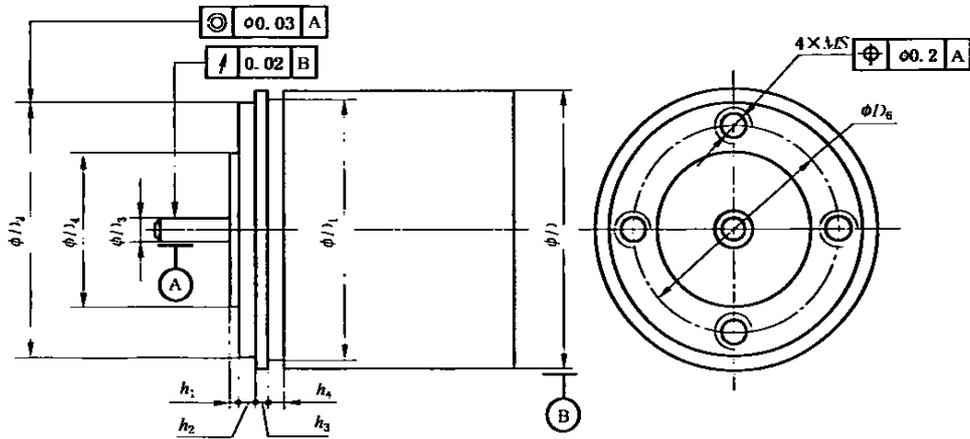


图 5

表 13

单位为毫米

机座号	尺寸代号及公差带												
	$D$	$D_2$	$D_4$	$D_1$	$E$	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_4$	$D_5$	$MS$	$D_3$	$L$
	h10	h6	h8	h11		$\pm 0.1$	$\pm 0.1$	$\pm 0.1$	$+0.2$ $0$		8H	f7	$\leq$
45	45	41	25	42	12	1.5	2.5	2	2	33	M3	4 5	70

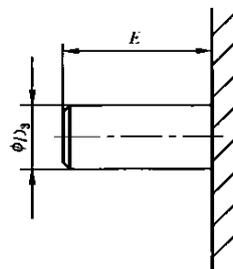


图 6

表 14

单位为毫米

机座号	尺寸代号及公差带	
	$D_3$	$E$
	f7	—
70	6	20
90	6	20
110	8	20
130	8	20
160	8	20

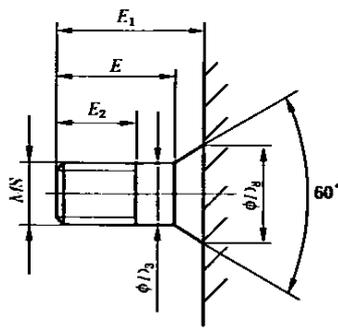


图 7

表 15

单位为毫米

机座号	尺寸代号及公差带					
	$D_3$	$MS$	$D_3$	$E_1$	$E$	$E_2$
	f7	8H	—	—	—	—
70	6	M6×0.5	8	20	15	6
90	6	M6×0.5	8	20	15	6
110	6	M6×0.5	8	20	15	6
130	8	M8×0.5	10	20	15	10
160	8	M8×0.5	10	20	15	10

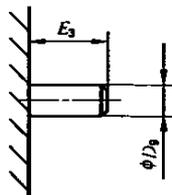


图 8

表 16

单位为毫米

机座号	尺寸代号及公差带	
	$D_3$	$E_3$
	f7	—
70	3	6
90	4	8
110	4	8
130	5	10
160	5	10

#### 4.8 引出线或接线端

##### 4.8.1 出线方式和出线标记

分装式电机采用引出线方式,引出线长度应不小于 200 mm 或符合产品专用技术条件的规定;组装式电机采用接线板或其他方式。

出线标记及套管颜色按表 17 的规定或由产品专用技术条件规定。

表 17

出线方式	机型	出线标记		套管颜色	
		转子	定子	输入端	输出端
接线板	粗机	R1、R3;R2、R4	S1、S3;S2、S4	—	—
	精机	R5、R7	S5、S7;S6、S8	—	—
引出线	粗机	红白、黑白;黄白、蓝白	红、黑;黄、蓝	红	黄
	精机	红白、黑白	红、黑;黄、蓝	蓝	白

##### 4.8.2 引出线或接线端强度

电机的引出线或接线端强度应符合 GB/T 7345—1994 中 4.11 的规定。

#### 4.9 径向间隙

组装式电机径向间隙和径向力应符合产品专用技术条件的规定。

型式检验后,径向间隙应不大于最大值的 1.5 倍。

#### 4.10 轴向间隙

组装式电机的轴向间隙和轴向推力应符合表 18 的规定。型式检验后,轴向间隙应不大于表 18 规定的最大值的 1.66 倍。

表 18

机座号	轴向间隙/mm	轴向推力/N
45	0.05~0.15	10
70,90	0.10~0.20	20
110~160		30

#### 4.11 轴伸径向圆跳动

电机轴伸径向圆跳动应不大于 0.02 mm。

#### 4.12 安装配合面的同轴度

电机安装配合面的同轴度应不大于 4.7 的规定。

#### 4.13 安装配合端面的垂直度

电机安装配合端面的垂直度应不大于 4.7 的规定。

#### 4.14 电刷接触电阻变化

组装式电机转子转动时,电刷接触电阻的变化应符合 GB/T 7345—1994 中 4.17 的规定。型式检验后,其最大变化值还应符合表 19 的规定。

表 19

试验名称	电刷接触电阻变化	
	转子电阻 $\leq 200 \Omega(20^\circ\text{C})$	转子电阻 $> 200 \Omega(20^\circ\text{C})$
型式检验后	1.50 $\Omega$	转子直流电阻的 0.75%

#### 4.15 静摩擦力矩

电机的静摩擦力矩应不大于表 20 的规定。型式检验后,静摩擦力矩不应大于表 20 规定的 2 倍。

表 20

机座号	静摩擦力矩/(mN·m)
45	1.5
70	4.0
90,110	6.0
130,160	8.0

#### 4.16 绝缘介电强度

电机的绝缘介电强度应符合 GB/T 7345—1994 中 4.18 的规定。其中 130 机座号以下电机的绕组峰值漏电流为 1 mA,130 机座号以上电机的绕组峰值漏电流为 5 mA。

#### 4.17 绝缘电阻

电机的绝缘电阻应符合 GB 18211—2000 中第 7 章的规定。

#### 4.18 消耗功率

电机的消耗功率应不大于产品专用技术条件的规定。

#### 4.19 最大输出电压

电机的最大输出电压应符合表 5 的规定,其偏差值在规定值的 $\pm 10\%$ 范围内。

#### 4.20 接线正确性

电机的定、转子绕组按 4.8 规定接线后应满足 4.5 的电压关系。

#### 4.21 基准电气零位标记和粗、精机电气零位偏差

当电机处于基准电气零位时,应在定、转子或机壳和轴伸的相应的适当位置应有明显而牢固的“基准电气零位”标记。

对 XFS 型和 XBS 型电机,当极对数  $p \leq 8$  时,粗、精机零位偏差应在 $\pm 60'$ (机械角,下同)范围内;当极对数  $8 < p \leq 64$  时,粗、精机零位偏差应在 $\pm 30'$ (机械角,下同)范围内;当  $p \geq 64$  时,粗、精机零位偏差应在 $\pm 20'$ 范围内。

#### 4.22 最大输出电压相位移

电机的最大输出电压相位移应符合产品专用技术条件的规定。

#### 4.23 电气误差

电机的精度按电气误差确定分为三级,其值应不大于表 21 的规定。

型式检验后误差允许增加。精机 0 级产品电气误差应不大于规定值的 1.5 倍, I、II 级产品电气误差应不大于规定值的 1.25 倍;粗机电气误差应不大于规定值的 1.25 倍。

表 21

机 型	机座号	极对数	精度等级对应的电气误差		
			0 级	I 级	II 级
粗机	45~400	4~64	30'		
		128	20'		
精机	45	$\leq 8$	45"	1'30"	3'
	70		30"	60"	2"
	90	$\geq 15$	20"	40"	1'20"
	110		15"	30"	60"
	130	$\leq 20$	15"	30"	60"
	160	$\geq 30$	10"	20"	40"
	200		7"	15"	30"
	250	$\geq 64$	5"	10"	20"
	320		5"	10"	20"
	400	128	2"	5"	10"

## 4.24 零位电压

电机的零位电压的总值：

粗机：应不大于最大输出电压规定值的 0.5%；

精机：应不大于最大输出电压规定值的 0.3%；

零位电压的基波值应符合产品专用技术条件的规定。

## 4.25 阻抗

## 4.25.1 开路输入阻抗

开路输入阻抗应符合产品专用技术条件的规定。精机的偏差应在规定值的 $\pm 15\%$ 范围内，粗机的偏差应在规定值的 $\pm 30\%$ 范围内。

## 4.25.2 短路输出阻抗

短路输出阻抗应符合产品专用技术条件的规定。

## 4.26 电磁干扰

当产品专用技术条件有要求时，电机的电磁干扰应不超过 GB/T 7345 1994 中 4.31 的规定。

## 4.27 质量

电机质量应符合产品专用技术条件的规定。

## 4.28 振动

电机应能承受产品专用技术条件规定的振动试验。试验后电机不应出现零件松动或损坏，并应符合表 28 的规定。

## 4.29 冲击

电机应能承受 GB/T 7345 1994 中 4.26 或产品专用技术条件规定的冲击试验，试验后电机不应出现零件松动或损坏，并应符合表 28 的规定。

## 4.30 低气压

## 4.30.1 低温低气压

当产品专用技术条件有要求时，电机应能承受产品专用技术条件规定的低温低气压试验，并应符合

表 28 的规定。

#### 4.30.2 高温低气压

当产品专用技术条件有要求时,电机应能承受产品专用技术条件规定的高温低气压试验,并应符合表 28 的规定。

#### 4.31 寿命

电机的寿命应不小于 2 000 h,并应符合表 28 的规定。

#### 4.32 低温

电机应能承受产品专用技术条件规定的低温试验,并应符合表 28 的规定。

#### 4.33 高温

电机应能承受产品专用技术条件规定的高温试验,并应符合表 28 的规定。

#### 4.34 湿热

电机应能承受产品专用技术条件规定的湿热试验,并应符合表 28 的规定。

#### 4.35 非正常工作

电机尽量避免发生由于不正常或误操作而破坏或削弱其安全性能,从而引起火灾、触电等事故。

#### 4.36 盐雾

当产品专用技术条件有要求时,电机应能承受 GB/T 7345—1994 中 4.32 规定的盐雾试验。

#### 4.37 霉菌

当产品专用技术条件有要求时,电机应能承受产品专用技术条件规定的霉菌试验。

### 5 试验方法

#### 5.1 试验条件

##### 5.1.1 正常的试验大气条件

正常的试验大气条件按 GB/T 7345—1994 中 5.1.1 的规定。

##### 5.1.2 仲裁试验的基准大气条件

仲裁试验的基准大气条件按 GB/T 7345—1994 中 5.1.2 的规定。

##### 5.1.3 基准的标准大气条件

基准的标准大气条件按 GB/T 7345—1994 中 5.1.3 的规定。

##### 5.1.4 试验电源

- a) 电压幅值的偏差为额定值的 $\pm 1\%$ ;
- b) 频率的偏差为额定值的 $\pm 1\%$ ;
- c) 波形为正弦波,谐波含量不大于 $1\%$ 。

##### 5.1.5 试验装置及测试仪表

试验装置及测试仪表应符合:

- a) 角分度装置的误差不大于电机 0 级精度等级的 $20\%$ 。
- b) 四臂函数电桥的电阻器全部电阻值及分压器的分压比的精度不低于 $0.005\%$ ,分压器相位移小于 $10'$ 。
- c) 感应分压器的比例误差不大于 $10^{-5}$ ,最大输出阻抗为 $4\ \Omega$ 。
- d) 电气测量仪表的精度,检查试验和验收试验时应不低于 1 级,型式检验时应不低于 0.5 级。高阻抗电压表应用相应试验类别规定的精度等级的电工仪表进行校准。
- e) 相敏电压表的输入阻抗应大于 $150\ \text{k}\Omega$ 和 $30\ \text{pF}$ 的并联阻抗,电压表应具有抑制谐波电压和正交电压的能力,当谐波电压和正交电压分别达到旋转变压器最大输出电压的 $1\%$ 和 $0.2\%$ 时,

两者所产生的仪表指示应不大于粗机的转子从零位偏移 0.2' 时所产生的仪表指示,相敏电压表的最小指示应能分辨出粗机从零位偏移 0.2' 时所产生的仪表指示。

#### 5.1.6 电机的安装与接地

电机水平或垂直位置安装,电机机壳应良好接地。

#### 5.2 试验规定

试验线路中,粗、精机共用一个线路图,绕组出线标志不带括号者表示粗机,带括号者表示精机。

试验中除指出粗、精机同时励磁外,其余均为单独励磁。

#### 5.3 外观

目检电机外观,应符合 4.6 的要求。

#### 5.4 外形及安装尺寸

检查电机的外形及安装尺寸,应符合 4.7 的要求。

#### 5.5 引出线或接线端

##### 5.5.1 出线方式和出线标记

检查电机的出线方式和出线标记应符合 4.8.1 的要求。

##### 5.5.2 引出线或接线端强度

电机的引出线或接线端强度按 GB/T 7345 1994 中 5.10 的规定进行试验,并应符合 4.8.2 的要求。

#### 5.6 径向间隙

电机径向间隙按 GB/T 7345 1994 中 5.4 的规定进行检查,并应符合 4.9 的要求。

#### 5.7 轴向间隙

电机轴向间隙按 GB/T 7345 1994 中 5.5 的规定进行检查,并应符合 4.10 的要求。

#### 5.8 轴伸径向圆跳动

电机轴伸径向圆跳动按 GB/T 7345 - 1994 中 5.6 的规定进行检查,并应符合 4.11 的要求。

#### 5.9 安装配合面的同轴度

电机安装配合面的同轴度按 GB/T 7345 - 1994 中 5.7 的规定进行检查,并应符合 4.12 的要求。

#### 5.10 安装配合端面的垂直度

电机安装配合端面的垂直度按 GB/T 7345 1994 中 5.8 的规定进行检查,并应符合 4.13 的要求。

#### 5.11 电刷接触电阻变化

电刷接触电阻变化按 GB/T 7345 - 1994 中 5.16 的规定进行检查,电阻变化值应符合 4.14 的要求。

#### 5.12 静摩擦力矩

电机的静摩擦力矩按 GB/T 7345 1994 中 5.9 的规定进行检查,并应符合 4.15 的要求。

#### 5.13 绝缘介电强度

电机的绝缘介电强度按 GB/T 7345—1994 中 5.17 规定进行试验,并应符合 4.16 的要求。

#### 5.14 绝缘电阻

电机的绝缘电阻按 GB 18211 - 2000 中第 7 章表 2 的规定选择对应的兆欧表,测量电机各绕组对机壳及各绕组间的绝缘电阻并应符合 4.17 的要求。

#### 5.15 消耗功率

按图 9 接线,被试电机输入绕组额定励磁,输出绕组开路(对 XBD 型和 XBS 型电机输入绕组一相励磁,另一相短路)分别测量粗、精机的消耗功率应符合 4.18 的要求。

允许用能保证精度的其他方法测量。

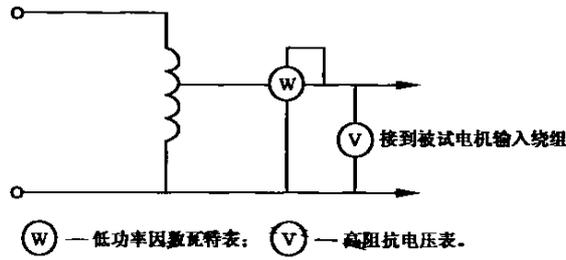


图 9

5.16 最大输出电压

被试电机按图 10 接线,额定励磁(磁路组合式粗、精机同时励磁),输出端接入高阻抗电压表或数字电压表,当转子缓慢转动时,由电压表读出最大输出电压应符合 4.19 的要求。

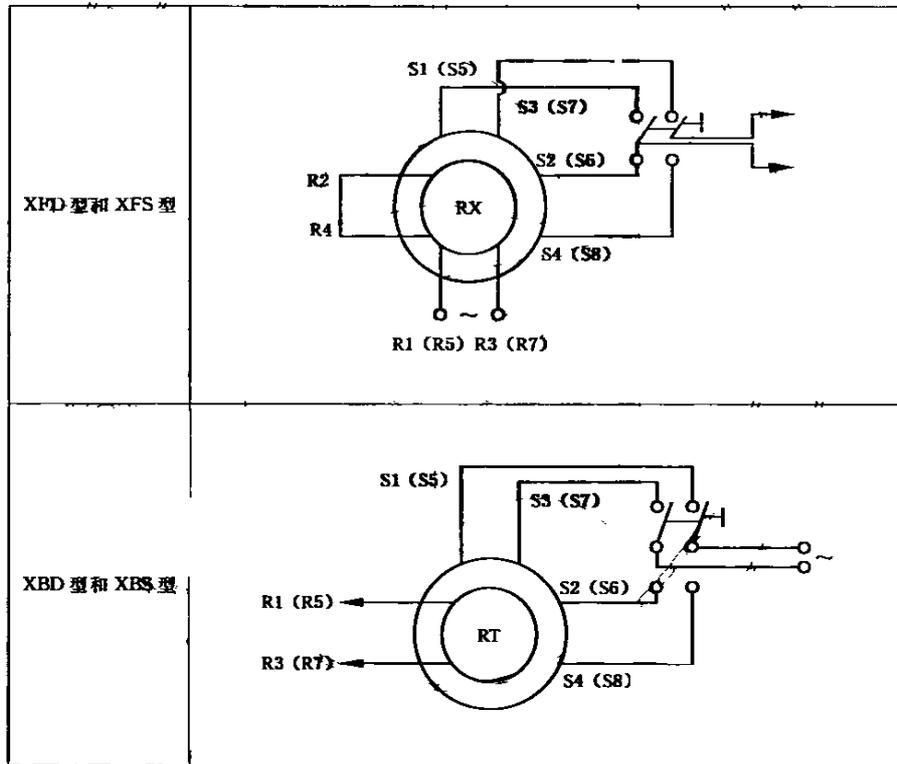


图 10

5.17 接线正确性

电机安装在角分度装置上,按图 11a)接线,额定励磁,先检查粗机接线正确性,转动转子使相敏电压表读数最小,对于 XFD型和 XFS型电机,确认 R1、R3;S1、S3;对于 XBD型和 XBS型电机,确认 S2、S4;R1、R3;再按图 11b)接线,额定励磁,对于 XFD型和 XFS型电机,当转子正向旋转电气角度 90°时,电压表读数由大逐渐减小,则接线正确。对于 XBD型和 XBS型电机当转子反向旋转电气角度 90°时,电压表读数由大逐渐减小,则接线正确。

用同样的方法检查精机接线正确性。

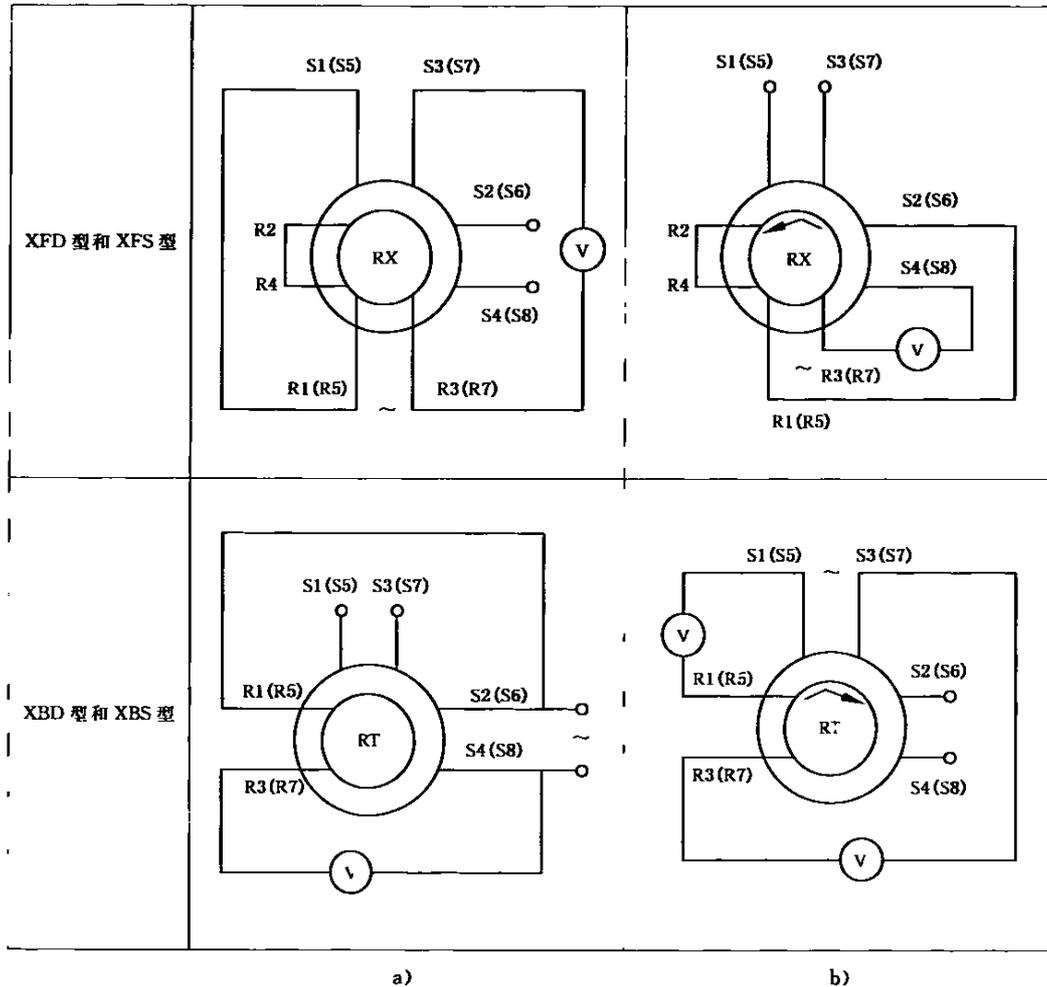


图 11

5.18 基准电气零位标记和粗、精机零位偏差

将被试电机安装在角分度装置上,先检查粗机基准电气零位,按图 11a)接线,额定励磁,转动转子,使相敏电压表读数最小,此时转子位置即为粗机近似的基准电气零位,然后按图 12 线路接线,额定励磁,微动转子,使相敏电压表读数最小,此时转子位置即为粗机基准电气零位,用同样的方法在其附近检查精机基准电气零位。当电机处于精机该基准电气零位时,应在定转子或机壳和轴伸的相应适当位置给予明显而牢固的“基准电气零位”标记,应符合 4.21 的要求。粗机基准电气零位与电机的基准电气零位之差即为粗精机零位偏差,应符合 4.21 的要求。

对于 XFS 型和 XBS 型电机应共励磁。

5.19 最大输出电压相位移

用相位计测量相位移,被试电机按图 10 接线,额定励磁,输出端接相位计,转子从基准电气零位正向转到输出电压近似等于最大输出电压时,从相位计上读取相位移应符合 4.22 的要求。

允许用能保证精度的其他方法测量。

5.20 电气误差

5.20.1 总则

电气误差测量时,粗机返零的角度偏差小于  $2'$ ,精机返零的角度偏差小于该机 0 级精度时的电气误差的 20%。

被试电机先处于粗机基准电气零位,对粗机每隔  $15^\circ$  测一点,共测 24 点,对精机从电机基准电气零

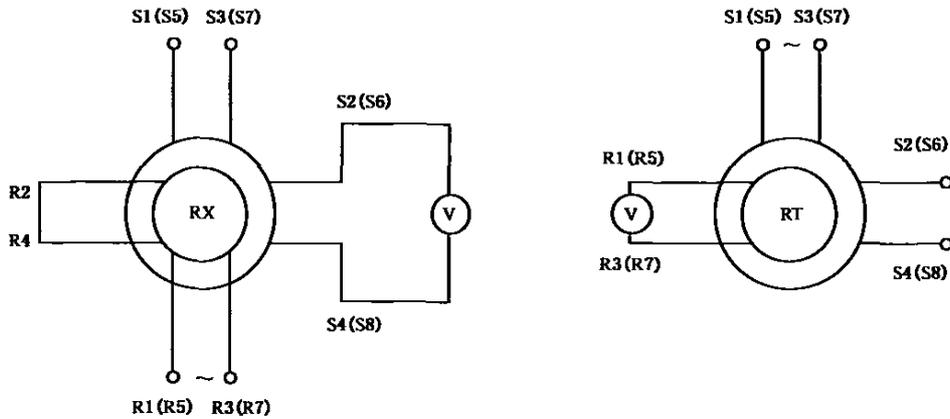


图 12

位开始,转子正向旋转使相敏电压表指示的基波同相分量为零,依次读取所有点的零位误差,然后在最大正、负零位误差所处的极对下各测一对极(当出现多个相同最大正值或负值时,应取最大正、负值的空间位置相差近 180°),每对极测 24 点(电气角度 15°测一点)。测量中转子正向旋转使相敏电压表指示的基波同相分量为零,分别记下转子实际机械角度与其相应的理论电气位置所对应的机械角度,计算两者之差,超前为正偏差,滞后为负偏差,取其中绝对值最大的偏差作为电气误差,应符合 4.23 的要求。

5.20.2 比例电压法

旋变发送机采用比例电压法测量电气误差,按图 13 接线,额定励磁(磁路组合式粗、精机同时励磁)。试验用的四臂函数电桥由两个无感电阻分压器和两个 10 kΩ 的无感电阻 R 组成。分压器分压比与给定角度的对应关系见公式(1)、(2)和表 22。

$$K = \frac{r_1}{r_2} = \operatorname{tg}\varphi \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$R' = r_1 + r_2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

- K——分压器的分压比;
- $r_1, r_2$ ——分压器的分压电阻, kΩ;
- $R'$ ——无感电阻分压器, 10 kΩ;
- $\varphi$ ——给定的电气角度, (°)。

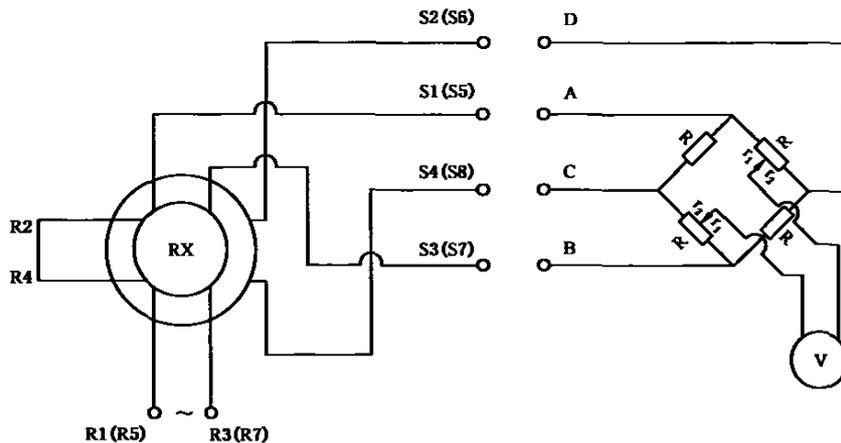


图 13

表 22

$\varphi$	$K$	$\varphi$	$K$
0°	0.000 00	30°	0.577 35
15°	0.267 95	45°	1.000 00

旋变发送机电气角度按公式(3)确定。转子每转动 45°时,四臂函数电桥端钮 A、B、C、D 与电机输出端钮换接一次,换接顺序与分压比  $K$  的变化方向见表 23。

允许用能保证精度的其他方法测量。

$$\beta = 45^\circ(m + n) + (-1)^n \varphi \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

$\beta$ ——旋变发送机的电气角度, (°);

$m、n$ ——按表 23 确定。

表 23

电桥端钮	电机输出端钮	$K$ 值的变化方向	$m$	电角度范围	$n$	电角度范围	$n$
A	S2(S6)	0→1	0	0~45°	0	180°~225°	4
B	S4(S8)						
C	S1(S5)						
D	S3(S7)						
A	S1(S5)	1→0	1	45°~90°	1	225°~270°	5
B	S3(S7)						
C	S2(S6)						
D	S4(S8)						
A	S3(S7)	0→1	0	90°~135°	2	270°~315°	6
B	S1(S5)						
C	S2(S6)						
D	S4(S8)						
A	S2(S6)	1→0	1	135°~180°	3	315°~360°	7
B	S4(S8)						
C	S3(S7)						
D	S1(S5)						

5.20.3 感应分压器法

旋变变压器采用感应分压器测量电气误差,按图 14 接线,分压器  $E_1$  和  $E_2$  额定励磁,其分压比与给定电气角度  $\beta$  对应关系如表 24 所示。分压器输出端钮与电机输入端钮换接顺序见表 25。

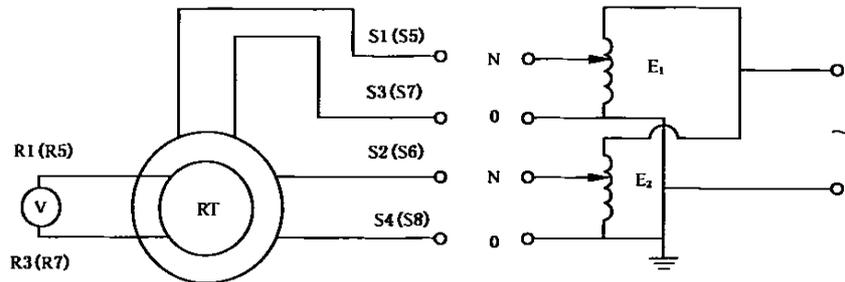


图 14

表 24

电气角度 $\beta$				分压器 $E_1$ 的分压比	分压器 $E_2$ 的分压比
0°		180°	360°	1.000 00	0.000 00
15°	165°	195°	345°	0.965 93	0.258 82
30°	150°	210°	330°	0.866 03	0.500 00
45°	135°	225°	315°	0.707 11	0.707 11
60°	120°	240°	300°	0.500 00	0.866 03
75°	105°	255°	285°	0.258 82	0.965 93
	90°		270°	0.000 00	1.000 00

表 25

电机输入端钮	电气角度 $\beta$	分压器及其输出端钮			
		分压器 $E_1$		分压器 $E_2$	
		N	O	N	O
	0°~90°	S1(S5)	S3(S7)	S2(S6)	S4(S8)
	90°~180°	S3(S7)	S1(S5)	S4(S8)	S2(S6)
	180°~270°				
	270°~360°	S1(S5)	S3(S7)		

对磁路组合式 XBS 型,测量粗机电气误差时,精机按图 15 接线,并以 0.7 倍额定电压励磁。

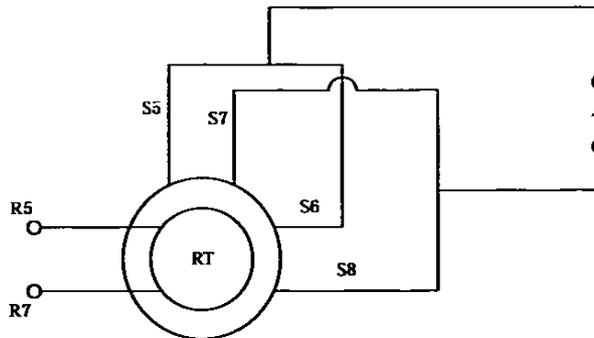


图 15

对磁路组合式 XBS 型,测量精机电气误差时,粗机两相输入绕组根据粗机转子转角  $\theta$  所处的角度按表 26 接线并以 0.7 倍额定电压励磁,输出端开路。

允许用能保证精度的其他方法测量。

表 26

电机输入端钮	转子转角 $\theta$	电源端钮	
		高电位	低电位
	0°~90°	S1、S2	S3、S4
	90°~180°	S3、S2	S1、S4
	180°~270°	S3、S4	S1、S2
	270°~360°	S1、S4	S3、S2

5.20.4 简化测量

对于极对数  $p \geq 64$  的电机,在检查试验和验收试验时,可以简化测量,其方法是从电机的基准电气零位开始,先测第一个单元绕组下所有零位误差,并取出正、负零位误差较大者各 1~3 点,然后测量其余各单元绕组下与第一单元绕组下所取出较大正、负零位误差(1~3 点)相对应的各点零位误差,最后在所测得的零位误差中取最大正、负误差所处的极对下各测 24 点(电气角度  $15^\circ$  测一点,当出现多个相同正值或负值时,应取正、负值的空间相差近  $180^\circ$ ),取其中绝对值最大的偏差为电气误差。

5.21 零位电压

在测量电气误差的同时,读取所有零位下的零位电压应符合 4.24 的要求。

在磁路组合式 XFS 型,粗、精机同时励磁;对磁路组合式 XBS 型,测精机时,粗机按表 25 顺序以 0.7 倍额定电压励磁。

5.22 阻抗

阻抗应按 GB/T 7345-1994 中 5.15 和表 27 的规定测量,电机额定励磁,应符合 4.25 的要求。

表 27

阻抗	测量阻抗的接线端 (每个绕组单独试验)		加于电机接线端的电压		辅助连接	
	XFD XFS	XBD XBS	XFD XFS	XBD XBS	XFD XFS	XBD XBS
开路输入阻抗	R1(R5) R3(R7)	S1(S5) S3(S7) S2(S6) S4(S8)	见 5.1.4		除补偿绕组短路外,所有其他绕组开路	除被测绕组外,其他绕组均开路
开路输出阻抗	S1(S5) S3(S7) S2(S6) S4(S8)	R1(R5) R3(R7)	最大输出电压			
短路输出阻抗	S1(S5) S3(S7) S2(S6) S4(S8)	R1(R5) R3(R7)	所需电压为能产生与测量开路输出阻抗时的电流相差 $\pm 3\%$ 的电流的电压		除被测绕组外,其他绕组均短路	

5.23 电磁干扰

电机的电磁干扰按 GB/T 7345-1994 中 5.30 的规定进行试验。输入绕组额定励磁而转子以  $300 \text{ r/min} \pm 50 \text{ r/min}$  的转速旋转,将等于开路输出阻抗四倍的电阻负载加在输出绕组两端,电机的电磁干扰应符合 4.26 的要求。

5.24 质量

用感量不低于 1% 的衡器称取电机的质量。应符合 4.27 的要求。

5.25 振动

电机输出绕组开路,输入绕组额定励磁(对 XBD 型和 XBS 型,两相输入绕组串接并以  $\sqrt{2}$  倍额定电压励磁),按 GB/T 7345-1994 中 5.24 的规定进行试验(160 机座号电机的机械负载同 130 机座号电机。分装式电机定、转子固定不动)试验后应符合 4.28 的要求。

5.26 冲击

电机按 GB/T 7345-1994 中 5.25 的规定进行试验,试验时接线通电方式及转子所处的状态均同 5.25,试验后应符合 4.29 的要求。

5.27 低气压

5.27.1 低温低气压

电机按 GB/T 7345-1994 中 5.23.1 的规定进行试验,试验时接线、通电方式均同 5.25,试验后应符合 4.30.1 的要求。

### 5.27.2 高温低气压

电机按 GB/T 7345—1994 中 5.23.2 的规定进行试验,试验时接线、通电方式均同 5.25,试验后应符合 4.30.2 的要求。

### 5.28 寿命

电机按 GB/T 7345—1994 中 5.28 的规定进行试验,输入绕组额定励磁,转子以  $(1\ 150 \pm 50)$  r/min 的转速旋转,每隔 24 h 改变一次转向,并应符合 4.31 的要求。

### 5.29 低温

电机按 GB/T 7345—1994 中 5.20 的规定进行试验,应符合 4.32 的要求。

### 5.30 高温

电机按 GB/T 7345—1994 中 5.21 的规定进行试验,应符合 4.33 的要求。

### 5.31 湿热

电机按 GB/T 7345—1994 中 5.27 的规定进行试验,应符合 4.34 的要求。

### 5.32 非正常工作

非正常工作按 GB 18211—2000 中 17.2 规定的方法试验,应符合 4.35 的要求。

### 5.33 盐雾

电机按 GB/T 7345—1994 中 5.31 的规定进行试验,应符合 4.36 的要求。

### 5.34 霉菌

电机按 GB/T 7345—1994 中 5.32 的规定进行试验,应符合 4.37 的要求。

## 6 检验规则

### 6.1 检验分类

电机的检验分为出厂检验和型式检验。

### 6.2 出厂检验项目及规则

出厂检验项目及基本顺序按表 28 进行。

出厂检验可以抽样或逐台进行。抽样按 GB/T 2828.1—2003 中正常检验一次抽样方案进行,检验水平 II,接收质量限(AQL 值),由使用方和制造方协商选定。

出厂检验中,电机若有一项或一项以上不合格,则该电机为不合格。

若批出厂检验合格,则除抽验中的不合格品外,使用方应整批接收;若批出厂检验不合格,则整批拒收,由制造厂消除缺陷并剔除不合格品后,再次提交验收。

### 6.3 型式检验项目及规则

#### 6.3.1 检验规则

有下列情况之一时,一般应进行型式检验:

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定;
- b) 定型产品,其电磁设计、机械结构或在制造过程中工艺和所用材料上的变更足以引起性能和参数变化时,允许根据上述变更可能产生的影响进行有关项目检验;
- c) 产品长期停产后,恢复生产时;
- d) 产品正常生产时,每两年进行一次型式检验,此时盐雾、长霉和寿命检验等项目可不进行。当批量小时,允许制造单位与使用方另行协商。

#### 6.3.2 样机数量

从能代表相应生产阶段的产品中抽取 6 台,其中 4 台作为试验样机,2 台作为存放对比用。

#### 6.3.3 型式检验结果的评定

##### 6.3.3.1 不合格

只要有一台电机的任一项检验不符合要求,并且不属于 6.3.3.2 和 6.3.3.4 的情况,则型式检验不

合格。

6.3.3.2 偶然失效

当鉴定部门确定某一项不合格项目属于孤立性质时,允许用新的同等数量的电机代替,并补做已经做过的项目。然后继续试验,若再有一台电机的任何一个项目不合格,则型式检验不合格。

6.3.3.3 性能降低

电机经环境试验后,允许性能发生不影响使用性的降低,具体降低的程度及合格判据由产品专用技术条件规定。

6.3.3.4 环境试验时和环境试验后的性能严重降低

电机在环境试验时和环境试验后,发生影响使用性的性能严重降低时,鉴定部门可以采取两种方式:

- a) 判定型式检验不合格;
- b) 当一台电机出现失效时,允许用新的两台电机代替,并补做已经做过的项目,然后补足4台继续下面的试验,若再有一台电机的任何一个项目不合格,则判定型式检验不合格。

6.3.4 同类型产品的型式检验

当某一类同机座号的两个及两个以上型号的电机同时提交鉴定时,每种型号均应抽取4台样机,所有样机通过出厂检验后,再从中选取四台有代表性的不同型号的样机进行其余项目的试验,合格判据按6.3.3规定。任一台样机的任一项目不合格,则其所代表的该型号的电机型式检验不合格。本检验不允许样机替换。

若型式检验合格,则认为同时提交的所有型号的电机均合格。

6.3.5 定型鉴定合格的范围

若定型鉴定试验合格,则认为同时提交的同类型电机均定型鉴定合格。此后生产的主要结构尺寸相同的同类型电机也认为定型鉴定合格,可不再进行定型鉴定检验。

6.3.6 型式检验项目和基本顺序

电机的型式检验项目、基本顺序及样机编号应符合表28规定。

表 28

序号	项 目	要求条款	试验方法条款	出厂检验	型式检验 样机编号
1	外观	4.6	5.3	√	1,2,3,4
2	外形及安装尺寸	4.7	5.4	√	1,2,3,4
3	出线方式和出线标记	4.8.1	5.5.1	√	1,2,3,4
4	径向间隙*	4.9	5.6	√	1,2,3,4
5	轴向间隙*	4.10	5.7	√	1,2,3,4
6	轴伸径向圆跳动*	4.11	5.8	√	1,2,3,4
7	安装配合面的同轴度*	4.12	5.9	√	1,2,3,4
8	安装配合端面的垂直度*	4.13	5.10	√	1,2,3,4
9	电刷接触电阻变化*	4.14	5.11	√	1,2,3,4
10	静摩擦力矩*	4.15	5.12	√	1,2,3,4
11	绝缘介电强度	4.16	5.13	√	1,2,3,4
12	绝缘电阻	4.17	5.14	√	1,2,3,4
13	消耗功率	4.18	5.15	√	1,2,3,4

表 28 (续)

序号	项 目	要求条款	试验方法条款	出厂检验	型式检验 样机编号
14	最大输出电压	4.19	5.16	√	1,2,3,4
15	接线正确性	4.20	5.17	√	1,2,3,4
16	基准相位零位标记和粗、精机相位零位偏差	4.21	5.18	√	1,2,3,4
17	最大输出电压相位移	4.22	5.19	√	1,2,3,4
18	电气误差	4.23	5.20	√	1,2,3,4
19	零位电压	4.24	5.21	√	1,2,3,4
20	阻抗	4.25	5.22	√	1,2,3,4
21	引出线或接线端爬电	4.8.2	5.5.2	—	1,2,3,4
22	电磁干扰 <sup>b</sup>	4.26	5.23	—	1,2,3,4
23	质量	4.27	5.24	—	1,2
24	振动,随后进行项 9、10、4、5、11 和 12 检验	4.28	5.25	—	1,2,3,4
25	冲击,随后进行项 9、18、19、10、4、5、11 和 12 检验	4.29	5.26	—	1,2,3,4
26	低温低气压,在此期间进行项 9 和 12 检验 <sup>a</sup>	4.30.1	5.27.1	—	3,4
27	高温低气压,在此期间进行项 9 和 12 检验 <sup>b</sup>	4.30.2	5.27.2	—	3,4
28	寿命,随后进行项 9、4、5、18、19 和 10 检验 <sup>a</sup>	4.31	5.28	—	1,2
29	低温,在此期间进行项 9、11 和 12 检验、随后进行项 10 检验	4.32	5.29	—	3,4
30	高温,在此期间进行项 9、11 和 12 检验、随后进行项 18、19 和 10 检验	4.33	5.30	—	3,4
31	湿热,随后进行项 9、10、18、11 和 12 检验	4.34	5.31	—	3,4
32	非正常工作	4.35	5.32	—	1,2
33	盐雾 <sup>b</sup>	4.36	5.33	—	1,2
34	霉菌 <sup>b</sup>	4.37	5.34	—	3,4

注：“√”表示出厂检验应进行的项目；“—”表示出厂检验不进行的项目。

<sup>a</sup> 分装式电机不进行此项检验。

<sup>b</sup> 当产品专用技术条件有要求时进行此项检验。

## 7 质量保证期

质量保证期为产品从出厂之日算起的存放期(包括运输期)与保用期之和或由使用方与制造方协商。

存放期分为一年、三年和五年三种,由制造厂规定。

保用期从电机包装启封开始计算,保用期为两年半。

在正确存放和使用电机的情况下,制造厂应保证电机在保用期内正常工作(不超过寿命时间),如在保用期内电机因制造质量不良而发生损坏或不能正常工作时,则制造厂应负责。

## 8 标志、包装、运输和储存

### 8.1 标志

标志内容至少应包括：

- a) 产品型号；
- b) 产品编号；
- c) 制造厂名称或标记；
- d) 使用环境等级。

### 8.2 包装

电机包装按 JB/T 8162—1999 的规定进行。

### 8.3 运输

电机包装箱或包装盒在运输过程中应小心轻放，避免碰撞和敲击。严禁与酸碱等腐蚀性物品放在一起。

### 8.4 储存

电机应存放在环境温度为 $-6^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于75%，清洁、通风良好的库房内，空气中不得含有腐蚀性气体。

附录 A  
(资料性附录)

## 多极和双通道旋转变压器技术性能参数表

表 A.1

序号	型号	极对数	额定电压/ V	额定频率/ Hz	开路输入阻抗/ $\Omega$	最大输出 电压/ V	短路输出阻抗/ $\Omega$ $\leq$	空载消耗功率/ W $\leq$
1	45XFD0442	4	26	400	400	5	20	0.5
2	45XFD0843	8	36	400	400	12	350	3.2
3	45XFD0822	8	26	2 000	800	12	300	0.5
4	45XFD0843	1	36	400	—	12	—	0.7
		8	36	400	—	12	—	2
5	45XFS0823	1	36	2000	—	12	—	0.4
		8	36	2000	—	12	—	0.6
6	70XFD0824	8	26	400	400	12	150	0.7
7	70XFS0842	1	26	400	5 700	12	300	0.1
		8	26	400	400	12	150	0.7
8	70XFS1543	1	36	400	4 500	12	120	0.1
		15	36	400	200	12	130	3.5
9	70XBS1541	1	12	400	12 000	6	500	0.1
		15	12	400	400	6	550	0.4
10	70XFD1643	16	36	400	200	12	150	4.5
11	70XFD1642	16	26	400	200	5	70	2.8
12	70XFD1612	16	26	1 000	200	12	120	1.2
13	70XFS1643	1	36	400	3 000	12	130	0.3
		16	36	400	200	12	150	4.5
14	70XFS1642	1	26	400	2 700	5	70	0.2
		16	26	400	200	5	70	2.8
15	70XFS1612	1	26	1 000	1 700	12	150	0.3
		16	26	1 000	200	12	150	1.2
16	70XBS1641	1	12	400	3 300	6	400	0.1
		16	12	400	200	6	350	0.7
17	70XFS2043	1	36	400	3 200	12	170	0.2
		20	36	400	150	12	220	5
18	70XBS2041	1	12	400	6 000	6	500	0.1
		20	12	400	200	6	800	0.5

表 A.1 (续)

序号	型号	极对数	额定电压/ V	额定频率/ Hz	开路输入阻抗/ $\Omega$	最大输出 电压/ V	短路输出阻抗/ $\Omega$ $\leq$	空载消耗功率/ W $\leq$
19	90XFS1542	1	26	400	10 000	12	600	0.1
		15	26	400	150	12	200	3.0
20	90XBS1541	1	12	400	20 000	6	1 500	0.1
		15	12	400	400	6	350	0.4
21	110XFS1543	1	36	400	2 500	12	320	0.5
		15	36	400	150	12	100	5
22	110XBS1541	1	12	400	3 500	6	350	0.1
		15	12	400	200	6	350	0.5
23	110XFD2043	20	36	400	200	12	150	5
24	110XFS2043	1	36	400	2 000	12	180	0.5
		20	36	400	200	12	300	5.0
25	110XBD2041	20	12	400	400	6	650	0.4
26	110XBS2041	1	12	400	2 000	6	300	0.1
		20	12	400	200	6	400	0.7
27	110XFS3043	1	36	400	3 000	12	160	0.3
		30	36	400	200	12	300	3.5
28	110XFS3042	1	26	400	3 500	12	300	0.2
		30	26	400	200	12	600	2.0
29	110XBS3041	1	12	400	28 600	6	2 500	0.1
		30	12	400	800	6	3 500	0.2
30	110XFD3242	32	26	400	150	12	350	2.8
31	110XFS3243	1	36	400	2 900	12	200	0.3
		32	36	400	200	12	450	5.5
32	110XBS3241	1	12	400	7900	6	1 200	0.1
		32	12	400	400	6	2 100	0.4
33	110XFS3643	1	36	400	2 500	12	200	0.5
		36	36	400	200	12	400	4.3
34	110XFS3612	1	26	1 000	2 000	12	150	0.2
		36	26	1 000	200	12	500	1.4
35	110XBS3641	1	12	400	12 000	6	1 200	0.1
		36	12	400	200	6	1 500	0.7
36	110XFD6412	64	26	1 000	150	5	350	4.3
37	110XFS6412	1	26	1 000	6 000	5	150	0.1
		64	26	1 000	150	6	350	4.3

表 A.1 (续)

序号	型号	极对数	额定电压/ V	额定频率/ Hz	开路输入阻抗/ $\Omega$	最大输出 电压/ V	短路输出阻抗/ $\Omega$ $\leq$	空载消耗功率/ W $\leq$
38	130XBS2041	1	12	400	4 500	6	550	0.1
		20	12	400	600	6	500	0.2
39	160XFD6443	64	36	400	100	12	1 000	10.0
40	160XFS6443	1	36	400	1 500	12	200	0.8
		64	36	400	100	12	1 000	10.0
41	160XFS6442	1	26	400	2 000	5	150	0.3
		64	26	400	150	5	800	4.5
42	160XBS6421	1	12	2 000	2 000	6	350	0.1
		64	12	2 000	200	6	400	0.7
43	200XFS6443	1	36	400	3 500	12	250	0.4
		64	36	400	200	12	600	5
44	250XFS6442	1	26	400	1 100	5	30	0.5
		64	26	400	100	5	100	5.5
45	250XFS2842	1	26	400	1 200	5	30	0.5
		128	26	400	100	5	900	4.3
46	250XBS2842	1	26	400	1 800	5	40	0.3
		128	26	400	100	5	950	3.5
47	320XFS2842	1	26	400	4 200	5	70	0.3
		128	26	400	100	5	900	4.5
48	320XFS2812	1	26	1 000	4 200	5	90	0.2
		128	26	1 000	100	5	600	3.0
49	320XFS2822	1	26	2 000	6 300	5	150	0.1
		128	26	2 000	100	5	500	2.0
50	320XBS2812	1	26	1 000	5 100	5	90	0.1
		64	26	1 000	100	5	700	5.0

注：粗机的阻抗仅供参考。