



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 39567—2020

---

## 多旋翼无人机用无刷伺服电动机系统 通用规范

General specification for brushless servo motor systems for  
multi-rotor unmanned aircraft

2020-12-14 发布

2021-07-01 实施

---

国家市场监督管理总局  
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 术语和定义 .....	1
4 通信接口和工作制 .....	3
5 技术要求和试验方法 .....	3
6 检验规则 .....	15
7 交付准备 .....	18

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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(SAC/TC 2)归口。

本标准起草单位：深圳市大疆创新科技有限公司、西安微电机研究所、成都精密电机厂、深圳市正德智控股份有限公司、东莞市伟创动力科技有限公司、山东得普达电机股份有限公司、南京金崎新能源动力研究院有限公司、浙江巨龙自动化设备有限公司、南京高崎电机有限公司、东南大学、江苏云能电器研究院有限公司、厦门莱凯盛智能科技有限公司、沈阳工业大学、浙江如晶科技有限公司、佛山市风旭科技有限公司。

本标准主要起草人：陶冶、邱健达、郭巧彬、彭声峻、李浩、陈伟杰、贾佳、龙彪、王福杰、曹胜华、陈昭明、徐榕锋、金龙、杨昉、魏建忠、林兴乐、谢文麟、陈丽香、王光建、张宏钊。

# 多旋翼无人机用无刷伺服电动机系统 通用规范

## 1 范围

本标准规定了多旋翼无人机用无刷伺服电动机系统的通信接口和工作制、技术要求和试验方法、检验规则和交付准备。

本标准适用于多旋翼无人机用无刷伺服电动机系统(以下简称“伺服系统”)及构成系统的永磁无刷伺服电动机(以下简称“电动机”)、无刷伺服电动机驱动器(以下简称“驱动器”)的设计、制造、检验和验收。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 755 旋转电机 定额和性能

GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 A:低温

GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 B:高温

GB/T 2423.3 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Cab:恒定湿热试验

GB/T 2423.10 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Fc:振动(正弦)

GB/T 2423.17 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ka:盐雾

GB/T 2423.21 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 M:低气压

GB/T 2423.22—2012 环境试验 第2部分:试验方法 试验 N:温度变化

GB/T 2828.1—2012 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

GB/T 4208 外壳防护等级(IP 代码)

GB/T 9254—2008 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法

GB/T 16422.3—2014 塑料 实验室光源暴露试验方法 第3部分:荧光紫外灯

GB/T 17618 信息技术设备 抗扰度 限值和测量方法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**无刷伺服电动机系统** brushless servo motor system

以无刷伺服电动机作为执行元件,使物体的位置、速度和转矩能够跟随输入控制信号目标值(或给定值)任意变化的自动控制系统。

### 3.2

**无刷伺服电动机** brushless servo motor

用于运动控制系统,且输出参数,如位置、速度、加速度或转矩是可控的永磁无刷电动机。

3.3

**驱动器 driver**

接受控制指令,根据传感器提供的反馈信息,对转矩、速度、位置等进行闭环控制,并向电动机输送功率的电气装置。

3.4

**额定电压 rated voltage**

伺服系统输入电压的标称值。

3.5

**额定转矩 rated torque**

在规定条件下,伺服系统能够持续输出的最大转矩。

注:在该转矩下持续运行,电动机绕组温度和驱动器功率器件温度不超过最高允许温度,伺服系统不会损坏。

3.6

**峰值转矩 peak torque**

在规定条件下,伺服系统能够短时输出的最大转矩。

注:在该转矩下短时运行不会引起伺服系统损坏。

3.7

**额定功率 rated power**

在规定条件下,伺服系统的最大连续输出功率。

3.8

**峰值功率 peak power**

在规定条件下,伺服系统能够短时输出的最大功率。

注:在该功率下短时运行不会引起伺服系统损坏。

3.9

**调节时间 settling time**

从输入指令开始到系统响应输出进入并且不再超出稳态误差带的最短时间。

注:见图 1。

3.10

**稳态误差 steady state error**

时间趋于无穷大时,系统的稳态输出与期望输出的偏差。

注:见图 1。

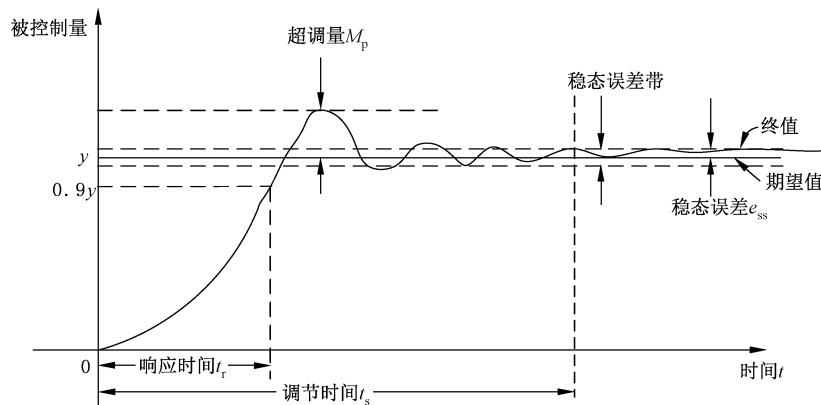


图 1 阶跃输入的时间响应曲线

## 4 通信接口和工作制

### 4.1 通信接口

伺服系统通信接口,应能满足无人机对伺服系统通信的功能和性能需求。可用脉宽调制接口或数字通信接口实现伺服系统对外通信。

### 4.2 工作制

电动机工作制应符合 GB/T 755 的规定。

## 5 技术要求和试验方法

### 5.1 一般性项目

#### 5.1.1 外观

##### 5.1.1.1 技术要求

伺服系统表面及结构零部件不应有锈蚀、碰伤、划痕、变形和涂覆层剥落,标识应清楚无误,紧固件连接应牢固,引出线或接线端应完整无损。

##### 5.1.1.2 试验方法

目检伺服系统外观。

#### 5.1.2 外形及安装尺寸

##### 5.1.2.1 技术要求

伺服系统的外形及安装尺寸应符合产品专用技术条件的规定。

##### 5.1.2.2 试验方法

按伺服系统的外形及安装尺寸要求选用量具种类及精度等级,将伺服系统放置在常温条件下,达到稳定非工作温度后,逐项进行测量。

#### 5.1.3 质量

##### 5.1.3.1 技术要求

伺服系统质量应符合产品专用技术条件的规定。

##### 5.1.3.2 试验方法

选用量程合适且相对精度不低于 1% 的衡器称取伺服系统的质量。

#### 5.1.4 绝缘介电强度

##### 5.1.4.1 技术要求

电动机定子绕组与定子安装座之间、驱动器的检查试验点与驱动器外壳之间应能承受表 1 规定的

试验电压,应无绝缘击穿或飞弧现象。峰值漏电流应不大于表 1 规定值。漏电流不包括试验设备电容所耗电流。

对于驱动器内置于电动机内的伺服系统,其绝缘介电强度试验由产品专用技术条件规定。

对于电路接外壳的驱动器、无独立外壳或外壳为绝缘材质的驱动器,不进行绝缘介电强度试验。

#### 5.1.4.2 试验方法

试验用电源,其频率为 50 Hz,电压波形近似于正弦波,电源功率和输出阻抗应能保证在各种负载下都无显著的波形失真和电压变化。

对驱动器试验,应将不能承受试验电压的元件(如浪涌抑制器、半导体元件、电容器等)断开或旁路,对于安装在电路和外壳之间的抗扰性电容器不应断开。

驱动器的检查试验点应考虑两种情况:

a) 主电路和控制电路共用同一个参考地,检查试验点为主电路的电源输入端。试验时将电源输入端子短接。

b) 主电路和控制电路不共用同一个参考地,检查试验点包括主电路的电源输入端和控制信号端。试验时将电源输入端子、控制信号端子分别短接。

按表 1 的规定对电动机和驱动器分别施加试验电压,电压值应从零缓慢上升(至少 3 s)到规定值,在规定值上持续 1 min。整个试验过程中电压峰值应不超过规定有效值的 1.5 倍,并应监视故障显示器,以判定无击穿放电及观测漏电流值。试验后,应逐渐降低试验电压至零,以免出现浪涌。出厂检验时,1 min 试验可用 5 s 试验代替,试验电压值为表 1 的规定值,也可用 1 s 试验来代替,试验电压值为表 1 规定值的 120%。不对同一伺服系统重复进行本项试验。当有要求时,允许在安装之后且开始运行之前再进行一次额外试验,试验电压值不应超过表 1 规定的 80%。

表 1 绝缘介电强度限值

额定电压 V	试验电压(有效值) V	漏电流 mA
≤24	300	1
24<V≤60	500	1
>60	1 000	5

#### 5.1.5 绝缘电阻

##### 5.1.5.1 技术要求

在产品专用技术条件规定的低温条件下,电动机定子绕组与定子安装座之间、驱动器的检查试验点与驱动器外壳之间的绝缘电阻应不小于 50 MΩ;在产品专用技术条件规定的高温条件下绝缘电阻应不小于 10 MΩ;在产品专用技术条件规定的湿热条件下绝缘电阻应不小于 1 MΩ。检查绝缘电阻所用绝缘电阻表的电压值应符合表 2 规定。

对于驱动器内置于电动机内的伺服系统,其绝缘电阻试验由产品专用技术条件规定。

对于电路接外壳的驱动器、没有独立外壳或外壳为绝缘材质的驱动器,不进行绝缘电阻试验。

表 2 绝缘电阻表的电压等级

绝缘介电强度试验电压 V	绝缘电阻表电压 V
300	250
500、1 000	500

### 5.1.5.2 试验方法

按表 2 的规定选择对应的绝缘电阻表,测量电动机绕组对机壳的绝缘电阻值及驱动器检查试验点对驱动器外壳的绝缘电阻值。

对驱动器试验,应将不能承受试验电压的元件(如浪涌抑制器、半导体元件、电容器等)断开或旁路,对于安装在电路和外壳之间的抗扰性电容器不应断开。

驱动器的检查试验点应考虑两种情况:

- 主电路和控制电路共用同一个参考地,检查试验点为主电路的电源输入端。试验时将电源输入端子短接。
- 主电路和控制电路不共用同一个参考地,检查试验点包括主电路的电源输入端和控制信号端。试验时将电源输入端子、控制信号端子分别短接。

## 5.2 系统特性

### 5.2.1 定子电阻

#### 5.2.1.1 技术要求

电动机的定子线电阻应符合产品专用技术条件的规定。各线电阻与平均值之间差异应小于 3%。

#### 5.2.1.2 试验方法

电动机在室温下达到稳定非工作温度,用电阻测量仪测量电动机定子绕组的直流电阻,并换算为 20 °C 时的等效电阻值。

### 5.2.2 定子电感

#### 5.2.2.1 技术要求

电动机的定子线电感应符合产品专用技术条件的规定。应根据电动机的额定工作电频率对电感的测试频率做出规定。

#### 5.2.2.2 试验方法

转动转子,让定子处于一个电周期内三个不同的电角度位置,分别用电感电桥测量定子绕组在规定的测试频率下的线电感,取其平均值。

### 5.2.3 反电动势常数

#### 5.2.3.1 技术要求

电动机的反电动势常数应符合产品专用技术条件的规定。



5.2.3.2 试验方法

将被测电动机拖动到额定工作转速  $n$ , 测取电动机的空载输出线电压峰值  $U$ , 按式(1)计算出反电动势常数。

$$K_e = \frac{9.55U}{n} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

$K_e$  ——反电动势常数,单位为伏特秒每弧度( $V \cdot s/rad$ );

$U$  ——转速  $n$  时空载输出线电压峰值,单位为伏特(V);

$n$  ——额定工作转速,单位为转每分( $r/min$ )。

5.2.4 工作电压范围

5.2.4.1 技术要求

伺服系统应在 80% 额定电压至 115% 额定电压的范围内达到额定功率输出。

5.2.4.2 试验方法

将伺服系统的输入电压分别设定为 5.2.4.1 规定的最高电压和最低电压,测量伺服系统是否可以达到额定输出功率。

5.2.5 空载转速和空载电流

5.2.5.1 技术要求

伺服系统的空载转速和空载电流应符合产品专用技术条件的规定。

5.2.5.2 试验方法

伺服系统在额定电压下空载运行,测量空载转速和空载电流。

5.2.6 额定转矩

5.2.6.1 技术要求

伺服系统的额定转矩应符合产品专用技术条件的规定。伺服系统应能在额定转矩下连续工作至热平衡状态。

5.2.6.2 试验方法

将伺服系统固定在试验台架上,电动机转子同轴安装扭矩测试仪,在电动机和驱动器的温度敏感区安装温度传感器。自然冷却条件下,控制伺服系统输出额定转矩,记录电动机的输出转矩和温度数据,得到图 2 所示转矩、温度曲线。判断电动机和驱动器温度是否达到稳定(10 min 内温度变化小于 2 °C),且伺服系统输出转矩仍能维持额定值。



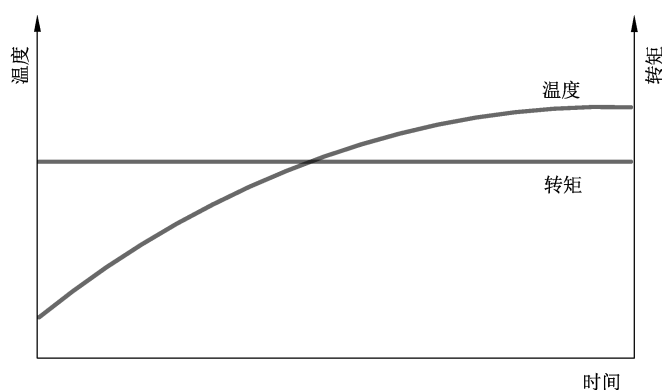


图 2 转矩、温度和时间曲线图

## 5.2.7 峰值转矩

### 5.2.7.1 技术要求

伺服系统的峰值转矩和峰值转矩持续时间应符合产品专用技术条件的规定。伺服系统应能在规定的时间内输出峰值转矩,电动机和驱动器不应出现损坏。试验后,伺服系统应能在额定电压下输出额定功率。

### 5.2.7.2 试验方法

将伺服系统固定在试验台架上,电动机转子同轴安装扭矩测试仪。自然冷却条件下,控制伺服系统在规定持续时间内输出峰值转矩,记录电动机的输出转矩。判断在规定持续时间内,电动机的输出转矩是否能维持在峰值。

## 5.2.8 系统效率

### 5.2.8.1 技术要求

伺服系统的效率应符合产品专用技术条件的规定。

### 5.2.8.2 试验方法

将伺服系统安装在测功机上。伺服系统在额定功率下,运行至稳定工作温度,测量伺服系统输入的电功率和输出的机械功率,计算得到输出机械功率对输入电功率之比值。

## 5.2.9 绕组温升

### 5.2.9.1 技术要求

根据不同的工作条件,应选择载荷谱加载温升试验、持续额定功率温升试验或者短时峰值功率温升试验,并对安装方式和有无气流冷却等试验条件做出规定。绕组温升值应符合表 3 规定。



表 3 绕组温升限值

耐热等级	温升限值 K
130(B)	80
155(F)	105
180(H)	130
200(N)	150
220(R)	170

5.2.9.2 试验方法

按照 5.2.9.1 规定的试验条件安装伺服系统,当伺服系统在室温下达到稳定非工作温度时,测量绕组的直流电阻  $R_1$ ,记下室温  $t_1$ ,然后按 5.2.9.1 规定条件通电运行,绕组温度达到稳定或运行结束时测量同一绕组的直流电阻  $R_2$ ,并记录此时室温  $t_2$ 。

温升按式(2)计算。

$$\theta = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (235 + t_1) + (t_1 - t_2) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- $\theta$  ——电动机绕组的温升,单位为开尔文(K);
- $R_1$  ——电动机运行前的绕组直流电阻,单位为欧姆( $\Omega$ );
- $R_2$  ——电动机运行结束时的绕组直流电阻,单位为欧姆( $\Omega$ );
- $t_1$  ——测量  $R_1$  时的环境温度,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ );
- $t_2$  ——测量  $R_2$  时的环境温度,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ )。

5.2.10 位置控制性能

5.2.10.1 大阶跃信号响应

5.2.10.1.1 技术要求

对于进行位置闭环控制的伺服系统,其大阶跃输入信号的响应输出调节时间  $t_s$  和稳态误差  $e_{ss}$  应符合产品专用技术条件的规定。伺服系统测试所带负载应在产品专用技术条件中规定。

5.2.10.1.2 试验方法

试验方法按如下步骤进行:

- a) 给伺服系统输入阶跃指令  $0.5\theta \times 1(t)$ ,  $\theta$  为伺服系统电动机的最大转角,如果  $\theta$  大于  $360^{\circ}$ ,则限定  $\theta$  等于  $360^{\circ}$ ,  $1(t)$  是单位阶跃函数;
- b) 测量电动机的转动角度输出,得到图 3 所示的伺服系统阶跃响应曲线的调节时间  $t_s$  和稳态误差  $e_{ss}$ 。

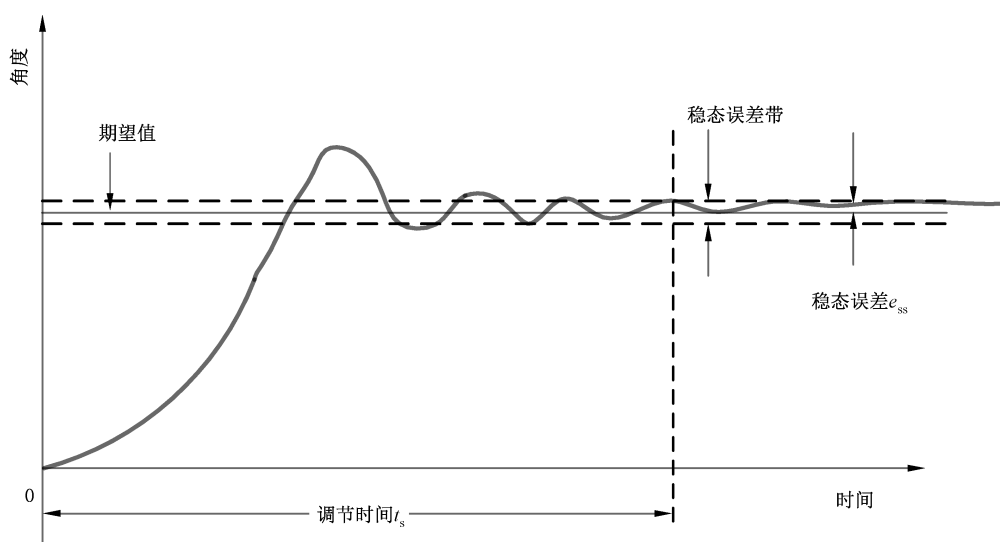


图 3 位置阶跃输入的时间响应曲线

## 5.2.10.2 系统跟踪特性

### 5.2.10.2.1 技术要求

对于进行位置闭环控制的伺服系统,其跟踪输入信号的幅值频率响应曲线和相位频率响应曲线应符合产品专用技术条件的规定。伺服系统测试所带负载应在产品专用技术条件中规定。

### 5.2.10.2.2 试验方法

试验方法按如下步骤进行:

- 给伺服系统输入频率  $f$ , 幅值  $A = \frac{0.5\theta}{f^2}$  的正弦指令  $A \sin(2\pi ft)$ ,  $\theta$  为伺服系统电动机的最大转角, 如果  $\theta$  大于  $360^\circ$ , 则限定  $\theta$  等于  $360^\circ$ ; 频率  $f$  可以根据产品设计要求, 从低频到高频扫描, 推荐 1 Hz 到 1 KHz;
- 测量电动机的转动角度输出, 得到一系列同频的输出信号  $B \sin(2\pi ft + \Phi)$ , 对  $B \sin(2\pi ft + \Phi)$  做傅里叶变换得到响应幅值  $B$  和相位  $\Phi$ , 进而求得输出信号和输入信号的幅值比  $M = \frac{B}{A}$  和相位差  $\Phi$ ;
- 以频率  $f$  为横坐标, 幅值比  $M$  和相位差  $\Phi$  分别为纵坐标, 绘制如图 4 所示的幅值频率响应曲线和相位频率响应曲线。

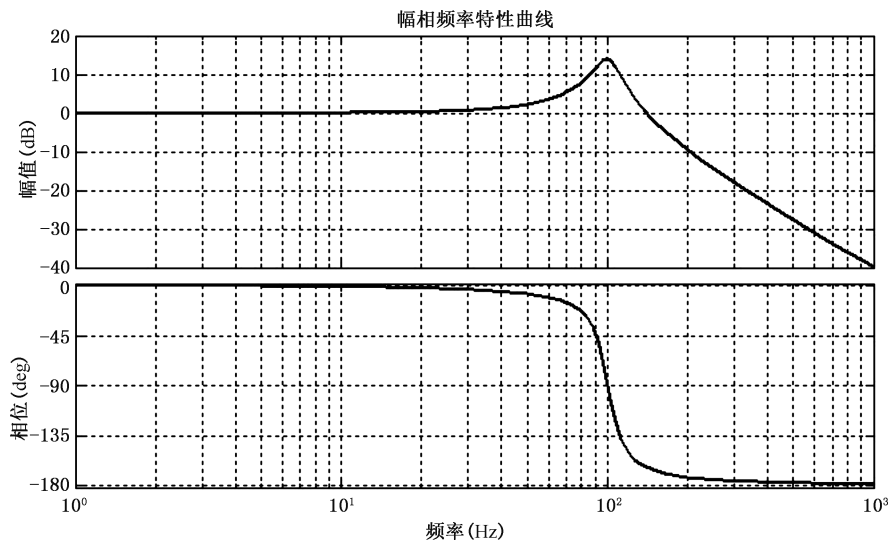


图 4 幅值频率响应曲线和相位频率响应曲线

## 5.2.11 保护功能

### 5.2.11.1 技术要求

伺服系统应具备过流保护功能,宜具备过载保护功能。带减速器的伺服系统还应具备馈电保护功能。保护参数由产品专用技术条件规定。

### 5.2.11.2 试验方法

测试过流保护功能时,在伺服系统正常工作状态下,短接电动机任意两相,检测是否触发过流保护功能。

测试过载保护功能时,增大系统负载,使系统持续超过额定功率工作,检测是否触发过载保护功能。

测试馈电保护功能时,将伺服系统固定在试验台架上,按额定转速向伺服系统输出端施加额定的转矩,并完成一个完整的动作行程或旋转  $360^\circ$ ,检测是否触发馈电保护功能。

## 5.2.12 减速器性能

### 5.2.12.1 背隙

#### 5.2.12.1.1 技术要求

对带减速器的伺服系统,其背隙应符合产品专用技术条件的规定。

#### 5.2.12.1.2 试验方法

将减速器的输出端固定,在输入端施加顺时针方向的额定转矩,记录输入端角度作为初始角度。然后在输入端施加逆时针方向的额定转矩,记录输入端角度相对于初始角度的变化量为背隙值。

### 5.2.12.2 破坏力矩

#### 5.2.12.2.1 技术要求

对带减速器的伺服系统,其破坏力矩应符合产品专用技术条件的规定。

#### 5.2.12.2.2 试验方法

将减速器的输入端固定,给输出端施加一个由小逐渐增大的力矩,直到齿轮组发生损坏,记录损坏瞬间的力矩。

#### 5.2.12.3 反向驱动力矩

##### 5.2.12.3.1 技术要求

对带减速器的伺服系统,其反向驱动力矩应符合产品专用技术条件的规定。

##### 5.2.12.3.2 试验方法

在伺服系统不通电的状态下,给输出端施加一个由小逐渐增大的力矩,直到电动机的转轴开始旋转,记录转轴开始旋转瞬间的力矩。

### 5.3 环境适应性

#### 5.3.1 低温工作

##### 5.3.1.1 技术要求

伺服系统应能在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或者产品专用技术条件规定的低温条件下工作。达到稳定温度后,伺服系统应能正常起动并在额定电压下空载运行12 h。

##### 5.3.1.2 试验方法

按 GB/T 2423.1—2008 中 Ad 的方法进行试验。

#### 5.3.2 低温贮存

##### 5.3.2.1 技术要求

伺服系统应能在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或者产品专用技术条件规定的低温条件下贮存24 h。恢复到正常的试验大气条件后,伺服系统的空载转速和空载电流应符合5.2.5的规定。

##### 5.3.2.2 试验方法



按 GB/T 2423.1—2008 中 Ad 的方法进行试验。

#### 5.3.3 高温工作

##### 5.3.3.1 技术要求

伺服系统应能在 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或者产品专用技术条件规定的高温条件下工作。达到稳定温度后,伺服系统应能在额定电压下空载运行12 h。

##### 5.3.3.2 试验方法

按 GB/T 2423.2—2008 中 Bd 的方法进行试验。

### 5.3.4 高温贮存

#### 5.3.4.1 技术要求

伺服系统应能在 70 °C 或者产品专用技术条件规定的高温条件下贮存 24 h。恢复到正常的试验大气条件后,伺服系统的空载转速和空载电流应符合 5.2.5 的规定。

#### 5.3.4.2 试验方法

按 GB/T 2423.2—2008 中 Bd 的方法进行试验。

### 5.3.5 高低温循环运行

#### 5.3.5.1 技术要求

伺服系统应能在高温 40 °C,低温-10 °C,温度变化速率 1 K/min,高低温循环 6 次,每次循环高温和低温各保温 2 h 的温度变化条件下运行。在温度变化循环中,伺服系统应能在额定电压下持续空载运行。

#### 5.3.5.2 试验方法

按 GB/T 2423.22—2012 中 Nb 的方法进行试验。

### 5.3.6 温度冲击

#### 5.3.6.1 技术要求

伺服系统应能在高温 70 °C,低温-40 °C,温度转换时间 3 min,高低温循环 6 次,每次循环高温和低温各保温 1 h 的温度冲击条件下贮存。恢复到正常的试验大气条件后,伺服系统的空载转速和空载电流应符合 5.2.5 的规定。

#### 5.3.6.2 试验方法

按 GB/T 2423.22—2012 中 Na 的方法进行试验。

### 5.3.7 恒定湿热工作

#### 5.3.7.1 技术要求

伺服系统应能在 40 °C,相对湿度 93% 或者产品专用技术条件规定的高温或湿度条件下工作。达到稳定湿热条件后,伺服系统应能在额定电压下空载运行 12 h。

#### 5.3.7.2 试验方法

按 GB/T 2423.3 中的方法进行试验。

### 5.3.8 高温高湿贮存



#### 5.3.8.1 技术要求

伺服系统应能在 70 °C,相对湿度 93% 或者产品专用技术条件规定的更高温度或湿度条件下贮存 48 h。恢复到正常的试验大气条件后,伺服系统的空载转速和空载电流应符合 5.2.5 的规定。

### 5.3.8.2 试验方法

按 GB/T 2423.3 中的方法进行试验。

### 5.3.9 低气压

#### 5.3.9.1 技术要求

当有要求时,伺服系统应能承受产品专用技术条件规定的低气压试验。在规定的压力下,伺服系统应能在额定电压下空载运行 2 h。试验后,伺服系统的空载转速和空载电流应符合 5.2.5 的规定。

#### 5.3.9.2 试验方法

按 GB/T 2423.21 中的方法进行试验。



### 5.3.10 振动

#### 5.3.10.1 技术要求

当有要求时,伺服系统应能符合产品专用技术条件中的规定。试验后,伺服系统应无器件损坏或脱落,伺服系统的空载转速和空载电流应符合 5.2.5 的规定。

#### 5.3.10.2 试验方法

按 GB/T 2423.10 的规定进行振动试验。

### 5.3.11 防护等级

#### 5.3.11.1 技术要求

当伺服系统标识防护等级时,应按照所标识的防护等级进行防尘和防水试验。试验后,伺服系统的空载转速和空载电流应符合 5.2.5 的规定。

#### 5.3.11.2 试验方法

按 GB/T 4208 中的方法进行试验。

### 5.3.12 盐雾

#### 5.3.12.1 技术要求

伺服系统的抗盐雾能力,应符合 GB/T 2423.17 的规定,其中盐雾试验持续时间可在下列范围内根据产品不同要求选取:8 h、16 h、24 h、48 h、96 h。试验后,伺服系统不应有影响正常工作的腐蚀迹象和破坏性变质。试验后,伺服系统的空载转速和空载电流应符合 5.2.5 的规定。

#### 5.3.12.2 试验方法

按 GB/T 2423.17 中的方法进行盐雾试验。

### 5.3.13 紫外线

#### 5.3.13.1 技术要求

当伺服系统外壳有塑料部件时,使用 1A 型(UVA-340)灯,辐照度 340 nm 时  $0.76 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$ ,黑



标温度 60 °C,暴露 48 h。试验后,伺服系统各部件应无龟裂,无脆化,外观变色在可接受范围内。

### 5.3.13.2 试验方法

按 GB/T 16422.3—2014 中第 7 章进行紫外线试验。

## 5.4 电磁兼容性

### 5.4.1 技术要求

除另有规定外,伺服系统应满足产品专用技术条件规定的电磁兼容性要求,伺服系统的电磁兼容应考虑与无人机的匹配与兼容。电动机的电磁兼容性要求包括电磁干扰要求和敏感度要求,其中电磁干扰要求用电磁发射限值表示,电磁敏感度要求用电磁抗扰度表示。

辐射骚扰应满足 GB/T 9254—2008 中 A 级要求。静电放电抗扰度、射频电磁场辐射抗扰度应符合 GB/T 17618 的规定。

### 5.4.2 试验方法

电磁兼容性测试的样品安装方式、运行条件及检测要求及试验方法按 GB/T 9254—2008、GB/T 17618 的规定进行。

## 5.5 寿命

### 5.5.1 技术要求

伺服系统的寿命应不低于 200 h 或符合产品专用技术条件规定。试验期间伺服系统应能在额定电压、额定功率下正常工作。试验后,伺服系统的空载转速和空载电流应符合 5.2.5 的规定。

### 5.5.2 试验方法

将伺服系统安装在试验台架上,在额定电压、额定功率下运行至规定的寿命时长。允许每 24 h 停机一次巡视试验设备,检查紧固件,检查连接电缆及接口。

## 5.6 试验条件

### 5.6.1 测量和试验用标准大气条件

所有测量和试验若无其他规定,均应在下列的测量和试验用标准大气条件下进行:

- 温度:15 °C~35 °C;
- 相对湿度:25%~75%;
- 气压:86 kPa~106 kPa。

### 5.6.2 基准试验的标准大气条件

作为计算依据的基准试验标准大气条件为:

- 温度:20 °C;
- 气压:101.3 kPa。

注:由于相对湿度不通过计算来校正,因此不做规定。

### 5.6.3 仲裁试验的标准大气条件

如果需要严格控制试验气候条件,以获得重现结果时,规定在下列仲裁试验标准大气条件下进行:

- 温度:25℃±1℃;
- 相对湿度:48%~52%;
- 气压:86 kPa~106 kPa。

## 6 检验规则

### 6.1 检验分类

检验分为:鉴定检验和质量一致性检验。

### 6.2 鉴定检验

#### 6.2.1 鉴定检验时机和条件

当有要求时,鉴定检验应在国家认可的实验室按产品专用技术条件规定进行。

有下列情况之一时,应进行鉴定检验:

- a) 新产品设计确认前;
- b) 已鉴定产品重大设计或工艺变更时;
- c) 已鉴定产品关键原材料、元器件变更时;
- d) 产品制造场所改变时。

#### 6.2.2 样机数量

从批量产品中随机抽取6台样机,其中4台供鉴定检验用,另外2台保存备用。

当定型批产品数量不足6台时,应全数提交鉴定检验,但供鉴定检验样机数量不应少于2台。

#### 6.2.3 检验程序

鉴定检验项目、基本顺序和样机编号按表4规定进行。

表4 检验项目及基本顺序

序号	检验项目	技术要求和 试验方法条款	鉴定检验 样机编号	质量一致性检验	
				A组检验	C组检验
1	外观	5.1.1	1,2,3,4	√	—
2	外形及安装尺寸	5.1.2	1,2,3,4	—	√
3	质量	5.1.3	1,2,3,4	—	√
4	绝缘介电强度	5.1.4	1,2,3,4	√	—
5	绝缘电阻	5.1.5	1,2,3,4	√	—
6	定子电阻	5.2.1	1,2,3,4	√	—
7	定子电感	5.2.2	1,2,3,4	—	√

表 4 (续)

序号	检验项目	技术要求和 试验方法条款	鉴定检验 样机编号	质量一致性检验	
				A组检验	C组检验
8	反电动势常数	5.2.3	1,2,3,4	—	√
9	工作电压范围	5.2.4	1,2,3,4	—	√
10	空载转速和空载电流	5.2.5	1,2,3,4	√	—
11	额定转矩	5.2.6	1,2,3,4	—	√
12	峰值转矩	5.2.7	1,2,3,4	—	√
13	系统效率	5.2.8	1,2,3,4	—	√
14	绕组温升	5.2.9	1,2,3,4	—	√
15	位置控制性能	5.2.10	1,2,3,4	—	√
16	保护功能	5.2.11	1,2,3,4	—	√
17	减速器性能	5.2.12	1,2,3,4	—	√
18	低温工作	5.3.1	1,2	—	√
19	低温贮存	5.3.2	1,2	—	√
20	高温工作	5.3.3	1,2	—	√
21	高温贮存	5.3.4	1,2	—	√
22	高低温循环运行	5.3.5	1,2	—	√
23	温度冲击	5.3.6	1,2	—	√
24	恒定湿热工作	5.3.7	1,2	—	√
25	高温高湿贮存	5.3.8	1,2	—	√
26	低气压 <sup>a</sup>	5.3.9	3,4	—	√
27	振动 <sup>a</sup>	5.3.10	3,4	—	√
28	防护等级 <sup>b</sup>	5.3.11	3,4	—	—
29	盐雾	5.3.12	3,4	—	√
30	紫外线 <sup>a</sup>	5.3.13	1,2	—	√
31	电磁兼容性 <sup>b</sup>	5.4	1,2,3,4	—	—
32	寿命	5.5	1,2	—	√
注：“√”表示进行该项目检验，“—”表示不进行该项检验。					
<sup>a</sup> 根据伺服系统用途和环境条件,当有要求时才进行的鉴定检验项目。					
<sup>b</sup> 制造商可通过间接方式提供满足检验项目要求的证据并获得用户同意。					

## 6.2.4 检验结果的评定

### 6.2.4.1 合格

鉴定检验用样机的全部项目检验符合要求,则鉴定检验合格。

### 6.2.4.2 不合格

只要有一台样机的任一项目不符合要求,则鉴定检验不合格。

### 6.2.4.3 偶然失效

当鉴定部门确认伺服系统某一不合格样品属于孤立性质的偶然失效时,允许在每次提交的样机中取一台备用样机代替失效样机,并补做失效发生前(包括失效时)的所有项目。然后继续试验,若再有一台样机的任一项目不符合要求,则鉴定检验不合格。

### 6.2.4.4 性能降低

样机经环境试验后,允许出现不影响其使用的性能降低,性能降低的允许值由产品专用技术条件规定。

### 6.2.4.5 环境试验期间和试验后的性能严重降低

样机在环境试验期间和试验后,出现影响其使用的性能严重降低时,鉴定部门可以采取两种方式:认为鉴定不合格,或者当一台样机出现失效时,允许用新的两台样机代替,并补做失效发生前(包括失效时)的所有试验,然后补足原样机数量继续试验,若再有一台样机的任一项目不合格,则鉴定检验不合格。

## 6.3 质量一致性检验分类

### 6.3.1 检验分类

质量一致性检验分为 A 组检验和 C 组检验:

- a) A 组检验是为了证实伺服系统是否满足常规质量要求所进行的出厂检验;
- b) C 组检验是周期性检验。

### 6.3.2 A 组检验

A 组检验项目及基本顺序按表 4 规定进行。

A 组检验可以抽样或逐台进行。抽样按 GB/T 2828.1—2012 中检验水平 II 一次抽样方案进行,接收质量限(AQL 值)由产品专用技术条件决定。

逐台检验中,伺服系统若有一项及以上不合格,则该伺服系统为不合格品。

若 A 组检验不合格,由制造商消除缺陷并剔除不合格品后,再次提交 A 组检验。

### 6.3.3 C 组检验

#### 6.3.3.1 C 组检验项目及基本顺序

C 组检验项目及基本顺序按照表 4 规定进行。

### 6.3.3.2 检验时机和周期

有下列情况之一时,应进行 C 组检验:

- a) 相关项目检验;
- b) A 组检验结果与鉴定检验结果发生较大偏差时;
- c) 周期检验,除非另有规定,每两年应至少进行一次;
- d) 政府或行业监管产品质量或用户要求时。

### 6.3.3.3 检验规则

C 组检验项目及基本顺序按照表 4 规定进行。

C 组检验样机从已通过 A 组检验的产品中抽取,对未做过 A 组检验的样机应补做 A 组检验项目的试验,待合格后方能进行 C 组检验其余项目的试验。

C 组检验样机数量及检验结果评定按 6.2.2 和 6.2.4 的规定。

若 C 组检验不合格,由制造商消除不合格原因后,重新进行 C 组检验。

## 7 交付准备

### 7.1 总则

伺服系统的类型一般分为:

- a) 单独销售的伺服系统;
- b) 集成到多旋翼无人机上且与无人机一同销售的伺服系统。

对于 a)类产品,应满足本章中规定的标识、包装、贮存和运输要求;对于 b)类产品,应随多旋翼无人机一起满足相关的要求。

### 7.2 标识

#### 7.2.1 产品标识

至少标明如下信息:

- a) 产品名称、型号;
- b) 产品序列号;
- c) 制造商或商标;
- d) 认证标识。

#### 7.2.2 包装标识

产品包装上应有如下信息:

- a) 产品名称、型号、制造地;
- b) 额定电压、额定转矩、额定功率;
- c) 制造商名称、地址;
- d) 标准编号、产品代码、出厂日期;
- e) 安全储运图示标志。

### 7.3 包装

产品包装应符合下列规定：

- a) 产品包装应清洁、干燥、无有害气体；
- b) 采用有防护装置的包装，如防震、防雨、防潮、防霉、防尘等；
- c) 产品包装内应附随机文件，至少包含合格证、附件清单、使用说明书。

### 7.4 运输

产品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质放在一起。制造商应通过标识或协议方式将运输条件告知用户和承运商。

### 7.5 贮存

产品应贮存在环境温度为 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于85%，清洁且通风良好的库房内，空气中不得含有腐蚀性气体。贮存期分为半年、一年和三年，由制造商规定。制造商应将贮存条件和贮存期告知用户。

---