

无人机用机电执行器

概述



图1 执行器

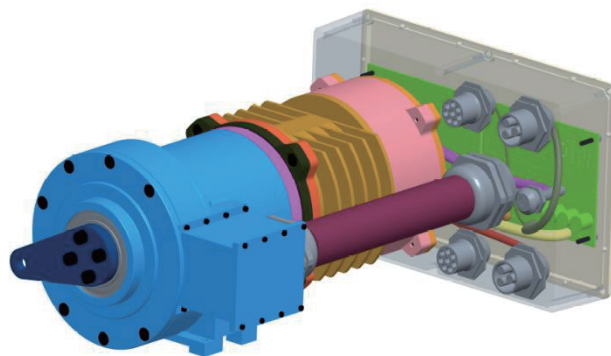


图2 完整执行器组件

所示执行器允许使用两个独立的操作通道（A 和 B）进行容错位置控制。每个通道由高分辨率输出位置传感器，电源、控制和通信电子设备，电机换向传感器，三相同步电机和固有故障检测指示器组成，以实现最佳功率密度和容错能力。适用于重型无人机（UAV）的机电执行器规格如下表所示

重量 (完整执行器包括电子设备、变速箱等，如图1所示)	8.65 kg
额定主电源电压 ¹	28 Vdc
最小稳态主电源电压 ¹	20 Vdc
最大稳态主电源电压 ¹	29 Vdc
额定电机相电流 (主动/主动 操作)	8Arms 分别 10A峰值(块换向)
额定电机相电流 (主动/被动 操作)	11Arms 分别 14A峰值(块换向)
冷却方式	被动冷却 (无需额外冷却板)
反冲	<0.1°
最大机械磁滞	<0.02°
定位精度	< 0.1°
环境工作温度范围	-40°C to +70°C (满载范围: 0Nm 至 40Nm 分别 65Nm)

¹ 不允许将电力反馈到主电力系统中。电动机产生的电力必须通过制动斩波器在每条通道内消散。主电源单元必须具有防止电池单元反极性连接的保护。

额定输出扭矩 ²	65Nm (40Nm 负载 + 25Nm 加速扭矩) (全温度范围)
额定负载扭矩 ²	40Nm (全温度范围)
最小位置带宽 ²	>3Hz (满载范围: 0Nm 至 40Nm 分别 65Nm 和全温度范围)
环境保护	IP54

表 1 系统规格 (基于MIL-STD 704F)

执行器的主要组件如表 2 所示, 图形如图 3、4 和 5 所示

序号 #	组 件
1	输出杆
2	A道输出位置编码器 (转子+定子)
3	B道输出位置编码器 (转子+定子)
4	花键轴
5	花键毂
6	输出编码器接线盒
7	齿轮箱, 传动比1/50 (谐波驱动)
8	输出编码器电缆管
9	电机 (定子, 主转子 (9.1), 被动冷却)
10	数字位置霍尔传感器转子
11	通道A和B的数字霍尔传感器电路板 (电气隔离)
12	电机编码器 (转子+定子)
13	通道A和B的执行器控制单元(ACU) (两个电路板)
14	通道A和B的执行器连接器 (通信和电源)

表 2 执行器组件

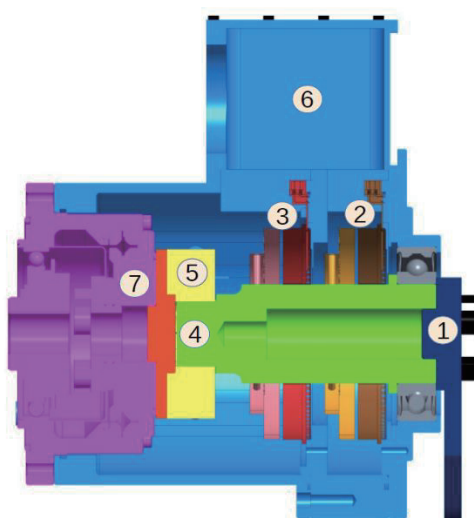


图3 执行器的输出部件

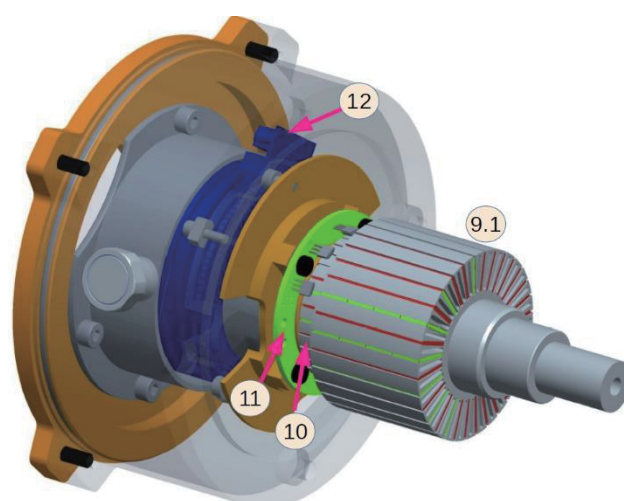


图 4 传感器概念和主电机转子

² 用于通道 A 和 B 的主动/主动操作 (两个通道均运行)。如果只有一条通道运行, 则适用额定值的 70%。

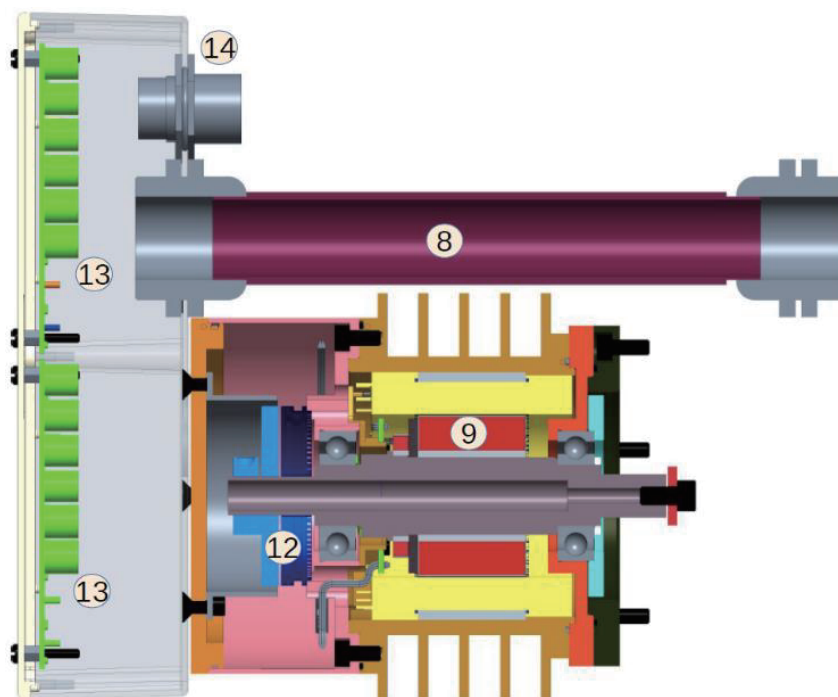


图5 执行器的电机侧部件

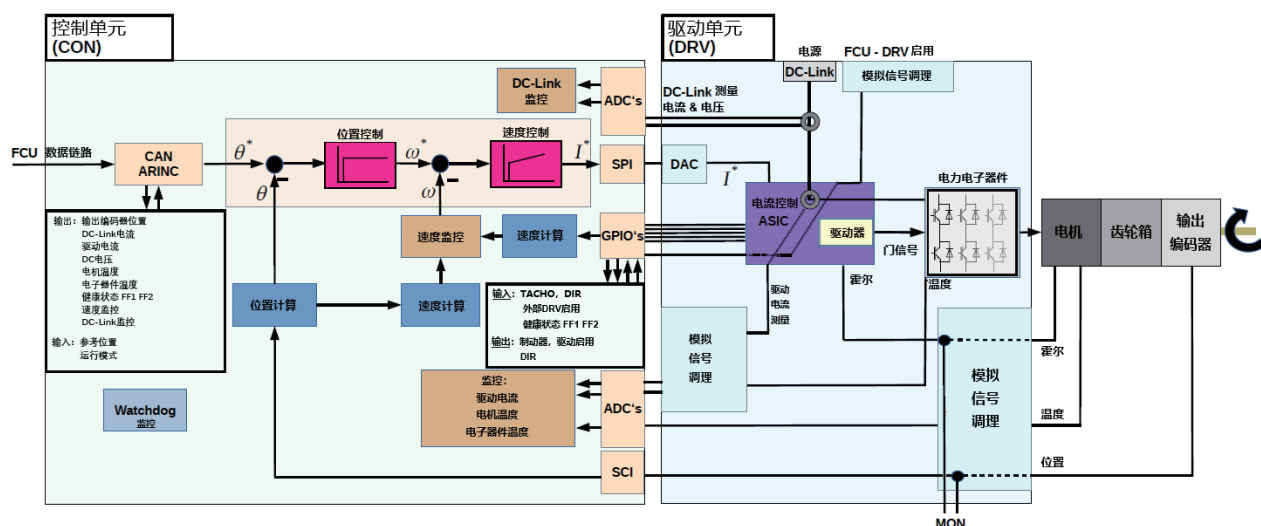


图6 电子和软件构架概览（两个相同通道之一）

如图 6 所示，通道 A 和 B 包括驱动单元 (DRV) 和控制单元 (CON)，共同构成执行器控制单元 (ACU)。ACU 的主要目的是控制电机电流，使输出杆跟随飞行控制单元 (FCU) 给出的指令参考位置，并为监控通道(MONS) 提供监控数据。DRV 和 CON 都位于一块 ACU 电路板上，如图 5 所示。CON 主要代表安全微控制器，DRV 由电子元件组成，包括连接到电机端子的半桥功率 MOSFET。电机通过三个级联回路控制电机的位置、速度和电流。可以看出，只有位置和速度控制是在软件中实现的，而电流控制则位于外部的 ASIC 中，以降低系统的软件复杂度。使用的电流控制 ASIC 具有以下功能，为简单起见分为输入和输出相关任务：

输入：来自微控制器的参考电流、从 FCC 和微控制器启用的驱动器、霍尔信号、电源、参考方向 (DIR)

输出：驱动电流测量、数字霍尔传感器换向状态 (TACHO)、方向 (DIR)、健康状态位 (FF1和FF2)。ASIC 的健康状态可以指示几个故障，如下表所示

FF1 信号	FF2 信号	状态 DRV_健康	错误	驱动器响应动作
0	0	(0,0)	欠电压	关闭
0	0	(0,0)	超温	无动作
0	0	(0,0)	逻辑错误	关闭
1	0	(1,0)	对地短路	关闭
1	0	(1,0)	对电源短路	关闭
1	0	(1,0)	电机绕组短路	关闭
0	1	(0,1)	低负载电流	无动作
1	1	(1,1)	无	无动作

DRV 状态位 (DRV健康状态的功能解码)

电机速度通过 ASIC TACHO 位和输出位置编码器信号的变化率计算。其他故障检测相关信号，例如电力电子设备和电机绕组的温度以及DC-link电压和电流，在微控制器内进行处理，并通过数据链路传输到 MON。微控制器的软件锁定或硬件故障等异常功能由Watchdog监控进行监测，以恢复到健康状态。Watchdog监控的信息也通过数据链路传输到 FCU。由于外部电流控制，微控制器的功能被简化为通过位置和速度控制回路来控制输出位置杆，以及以下测量数据的通信信息：

- CAN: 与FCU通信
- SPI: 与 DAC 通信，为 ASIC 生成电流参考电压
- SCI: 读取输出编码器串行通信协议
- ADC: 电力电子设备和电机绕组、ASIC 驱动电流、DC-link电流和电压的温度传感器测量
- GPIOs 输入：ASIC 故障诊断位 (FF1、FF2)、TACHO、DIR、外部驱动启用 (FCU)

GPIOs 输出：制动器，驱动器启用，DIR

