

两自由度飞行器设备文档

一、两自由度飞行器的结构和工作原理

两自由度飞行器的模型系统由安装在两自由度中心环节上的两个推进器组成,如图 1 所示。该飞行器模型可以进行俯仰、偏航运动;还可以一个通道或两个通道同时转动。推进器由带有叶轮的风扇组成,由电机驱动叶轮转动,再由叶轮转动产生转矩来控制模型系统的俯仰和偏航运动。在图 1 中用箭头标出了各通道的正方向,其中俯仰角为正时(定义前推进器上升时为正方向),前推进器是正转的,产生向上的动力,后推进器是反转的,产生向下的动力;当俯仰角度为负时,前推进器和后推进器与俯仰角为正时是相反的,这样就能驱动两自由度模型系统进行俯仰运动。偏航运动由前、后推进器产生的力来控制的,偏航角度为正时(定义逆时针方向为偏航运动正方向),前推进器是反转的,后推进器是正转的;当偏航角度为负时(顺时针偏航),前推进器是正转的,后推进器是反转的,这样两个推进器产生的合力就可以控制两自由度飞行器模型系统偏航运动。

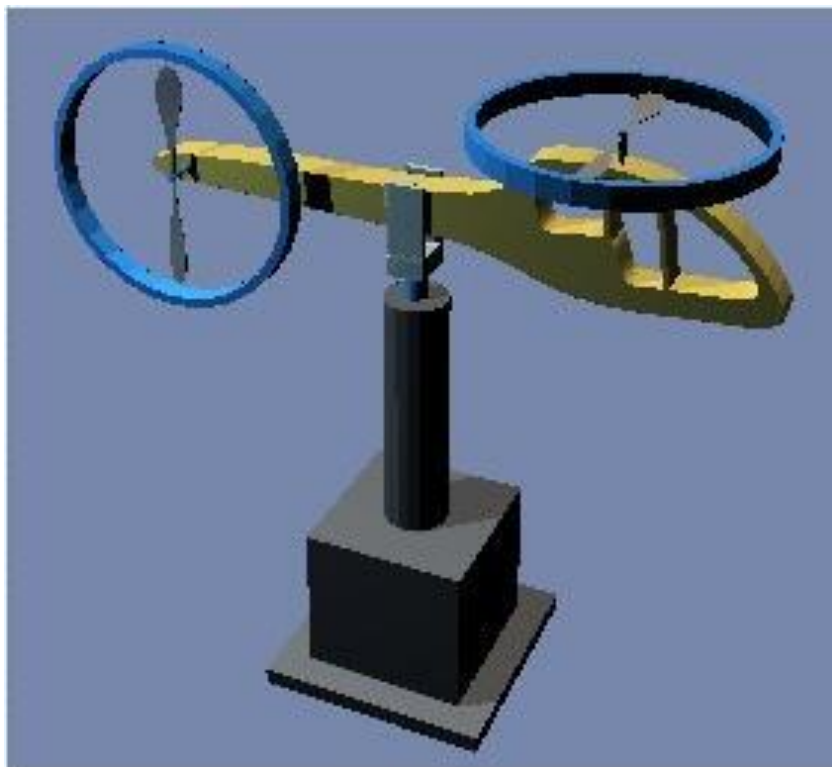


图 1 两自由度飞行器模型系统示意图

二、两自由度飞行器的数学模型

两自由度飞行器模型系统要实现两个自由度的转动，所以必须有两个不同的动力学方程来控制模型系统，我们根据系统的动力学特性，建立模型系统坐标 XYZ，坐标轴的定义和系统的简化模型示意图如图 2 所示。

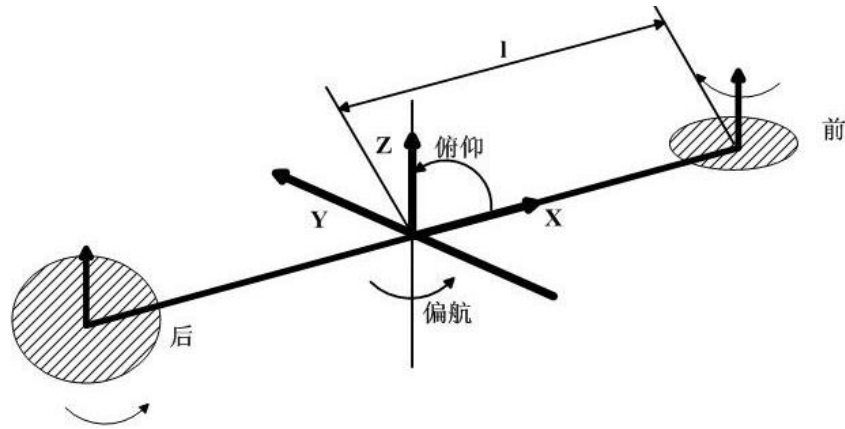


图 2 两自由度飞行器模型系统的简化模型示意图

通过动力学分析可以得到俯仰通道和偏航通道的动力学方程。若设定如下状态：

$$x_1 = p, x_2 = y, x_3 = \dot{p}, x_4 = \dot{y}$$

其中

x_1 —— 两自由度飞行器俯仰角

x_2 —— 两自由度飞行器偏航角

x_3 —— 两自由度飞行器俯仰角速度

x_4 —— 两自由度飞行器偏航角速度

且两个输入分别为

$$u_1 = V_p, u_2 = V_y$$

其中

u_1 —— 俯仰通道输入电压

u_2 —— 偏航通道输入电压

则根据模型系统的动力学方程可得到如下式的状态空间方程：

$$\dot{X} = AX + Bu$$

$$Y = CX$$

其中

$$X = [x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4]^T$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$C = I_{4 \times 4}$$

带入参数得参数矩阵为

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 5.7673 & 0.3257 \\ 0.6515 & 2.7772 \end{bmatrix}$$

三、演示算法：LQR

在 Command Window 中输入

```
A=[0 0 1 0; 0 0 0 1; 0 0 0 0; 0 0 0 0];
```

```
B=[0 0; 0 0; 5.7673 0.3257; 0.6515 2.7772];
```

```
Q=[1 0 0 0; 0 1 0 0; 0 0 0.1 0; 0 0 0 0.1];
```

```
R=[1 0 0 0; 0 1 0 0; 0 0 1 0; 0 0 0 1];
```

```
K=lqr (A, B, Q, R)
```

得反馈矩阵

```
K = 4.4689    0.1704    1.8877    0.0136
-0.1704    4.4689   -0.1458    2.2922
```

根据系统状态空间方程建立如图 3 的两自由度飞行器模型系统 Simulink 框图，其中模型部分由 S 函数编写。设定俯仰角和偏航角的期望值分别为 60°和 30°，根据 K 矩阵设计三自由度飞行器模型的 LQR 控制器，对其进行控制，由于三自由度飞行器模型系统的驱动电机额定电压为 12V，故对控制器输出的电压经过饱和模块限制后再输入两自由度飞行器模型系统模块。得到俯仰角和偏航角的变化曲线分别如图 4 和图 5 所示。

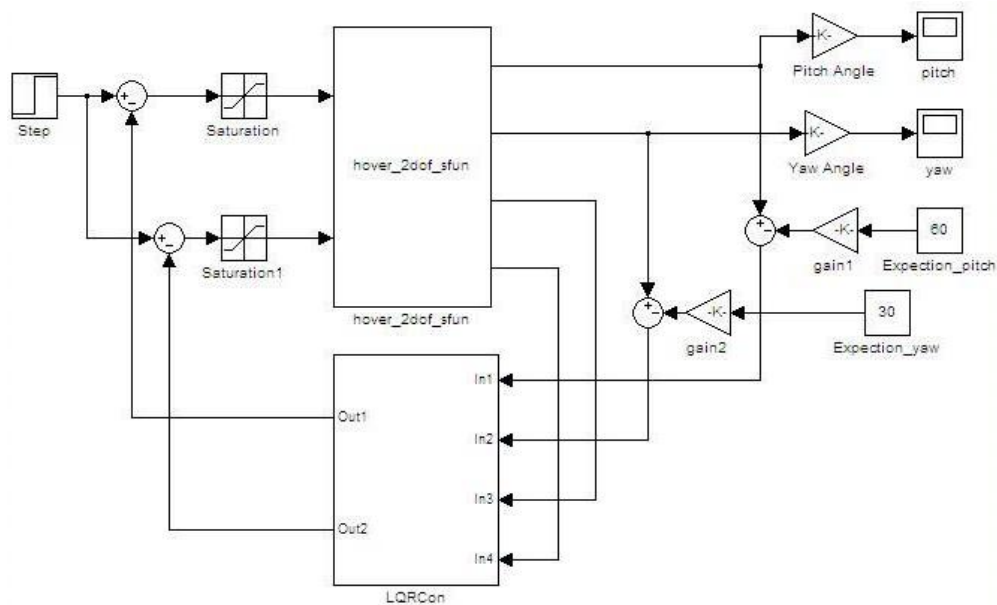


图 3 两自由度飞行器模型系统 Simulink 框图

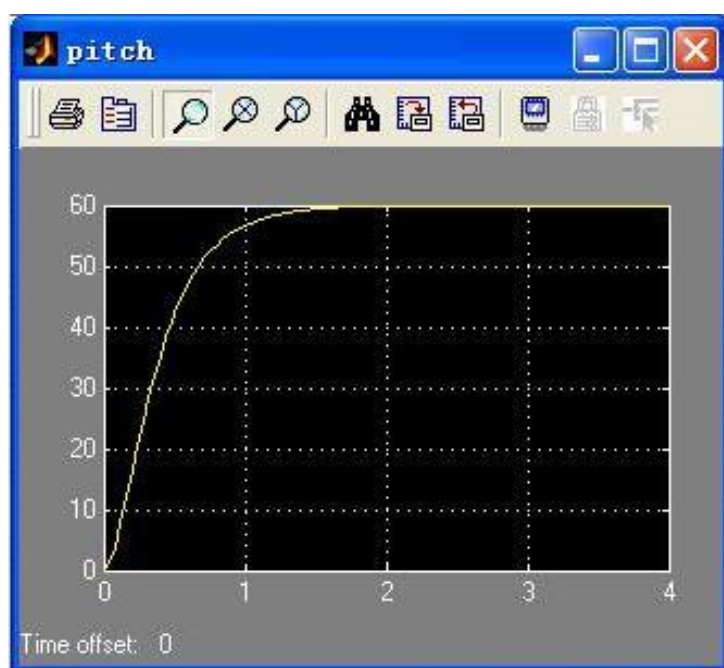


图 4 俯仰角变化图

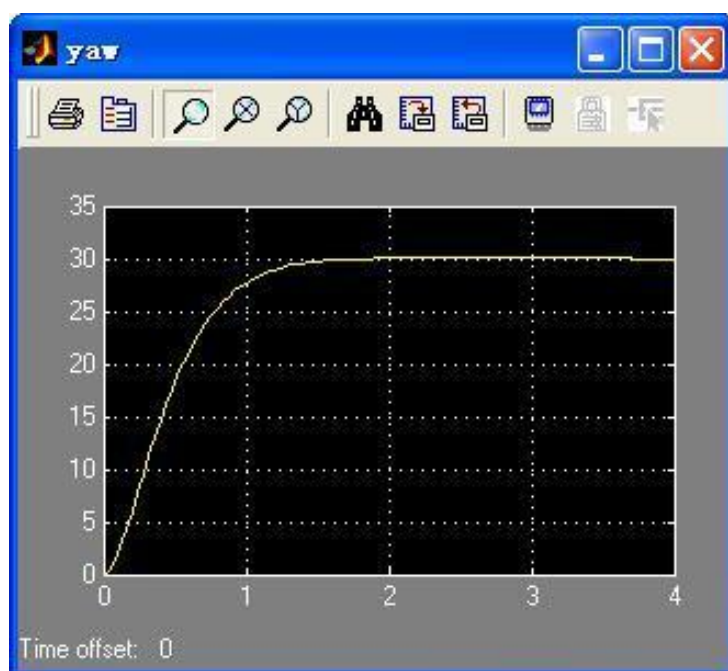


图 5 偏航角变化图