

哈尔滨工业大学飞行器控制实验教学中心

# 自动控制理论（1）实验 指导书

---

实验六 转台死区非线性微分反馈  
校正控制设计

## 项目一 转台死区非线性微分反馈校正控制仿真分析

转台是典型的控制对象，本实验以此对象为例进行死区非线性微分反馈控制系统设计，熟悉此类对象的反馈控制设计方法。

### 一、实验目的

- 1、理解转台反馈控制系统的组成和结构
- 2、掌握死区非线性微分反馈控制的系统设计方法
- 3、掌握转台死区非线性微分反馈控制 Matlab 仿真调试过程

### 二、实验内容及步骤

已知转台系统传递函数

$$G_0(s) = \frac{1}{S(0.5S + 1)} \quad (1-1)$$

多项式表达式  $G_0(s) = \frac{1}{0.5S^2 + S} \quad (1-2)$

#### 1、simulink转台单位反馈比例控制仿真分析

建立simulink转台单位反馈比例控制程序（图1-1）。

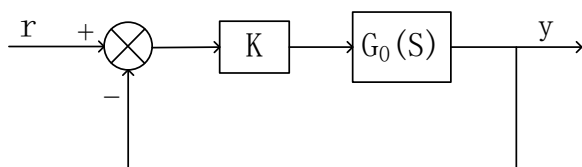


图1-1 转台单位反馈比例控制程序框图

采用阶跃响应，在系统稳定情况下，使  $e_{ss0} \approx 0$ ； $t_s \leq 5s$ ； $\sigma_p \leq 30\%$ ，调整比例控制  $K$ ，选出最大  $K = K_{\max}$  值，记录  $K = K_{\max}$  情况下的速度稳态误差  $e_{ss1}$ ，体会比例控制  $K$  的作用和局限性。

## 2、simulink转台微分反馈校正控制仿真分析

建立simulink转台微分反馈控制程序（图1-2）。

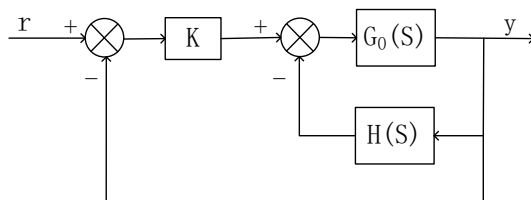


图1-2 转台微分反馈校正控制程序框图

引入微分反馈校正控制（ $H(S) = \tau S$ ），调整比例系数  $K$  和微分系数  $\tau$ ，使系统满足如下指标。

- a. 稳态误差  $e_{ss0} \approx 0$
- b. 速度稳态误差  $e_{ss1} \leq 0.03$
- c. 超调量  $\sigma_p \leq 7\%$
- d. 过渡过程时间  $t_s \leq 2s$
- f. 上升过程时间  $t_r \leq 0.7s$

体会反馈校正控制的特点，观察  $\tau$  的微分作用，记录实验数据。

## 3、simulink转台死区非线性微分反馈校正控制仿真分析

建立simulink转台死区非线性微分反馈控制程序（图1-3）。

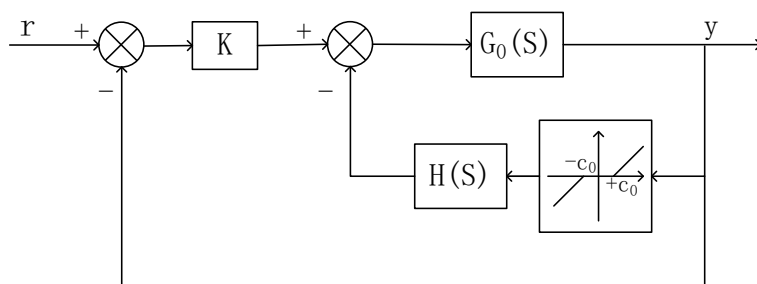


图1-3 转台死区非线性微分反馈校正控制程序框图

为提升系统响应速度 ( $t_r$ ), 引入死区非线性微分反馈校正控制 (死区非线性、 $H(S)=\tau S$ ), 调整比例系数  $K$ 、微分系数  $\tau$  和死区宽度  $c_0$ , 使系统满足如下指标。

- a. 稳态误差  $e_{ss0} \approx 0$
- b. 速度稳态误差  $e_{ss1} \leq 0.03$
- c. 超调量  $\sigma_p \leq 30\%$
- d. 过渡过程时间  $t_s \leq 2s$
- f. 上升过程时间  $t_r \leq 0.45s$

体会引入非线性反馈校正的作用, 观察  $c_0$  的变化趋势, 至少记录三组不同  $c_0$  条件下的系统控制指标实验数据。

### 三、实验结果记录

- 1、保存转台系统在 simulink 中的所有仿真程序框图
- 2、保存转台系统 simulink 仿真结果及对比曲线
- 3、保存转台系统实验参数和控制指标，并填入下表。

项目	比例控制	微分反馈	死区反馈 1	死区反馈 2	死区反馈 3
稳定性					
稳态误差 $e_{ss0}$					
速度误差 $e_{ss1}$					
$\sigma_p$					
$t_r$					
$t_s$					
$K_{max}$					
$K$					
$\tau$					
$C_0$					

### 四、仿真实验结果分析

说明实验过程，包括单位反馈比例、微分反馈校正、死区非线性微分反馈校正的具体操作方法。分析实验结果，包括比例控制、微分反馈控制、死区非线性微分反馈控制的区别和特点，描述死区非线性微分反馈应用的积极意义，以及参数规律和作用。

## 项目二 转台电子对象死区非线性微分反馈校正控制实验

### 一、实验目的

1、掌握转台死区非线性微分反馈控制电路模拟对象控制设计

### 二、转台系统电子对象搭建与系统设计

1、转台系统电子对象数学模型搭建

转台系统电子对象数学模型为：

$$G_0(s) = \frac{1}{S(0.5S + 1)} \quad (2-1)$$

模拟电路如图 2-1 所示：

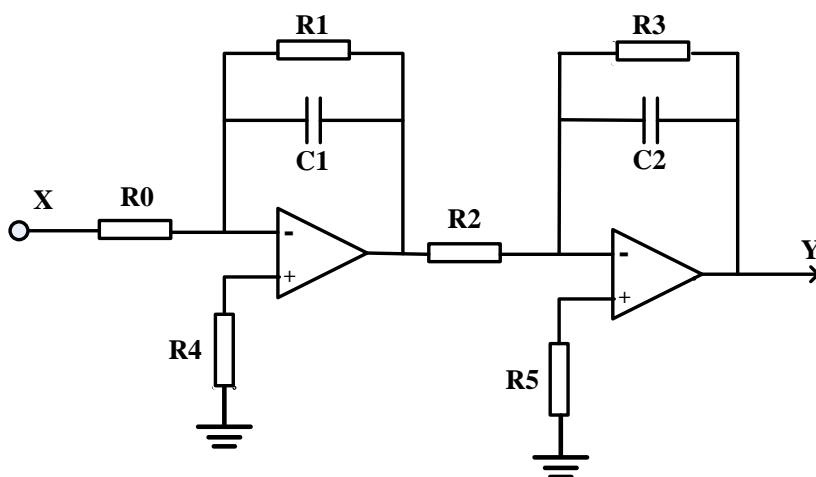


图 2-1 转台系统电子对象模拟图

其中  $R_3 = \infty \approx 1\text{M}\Omega$ 。

电阻和电容的数值根据传递函数选取，可供选择的电阻：10K，100，200K，510K，以及实验箱上的可变电阻；电容：105（1uF），106（10uF）。

具体电路参照实验一、实验二、实验三搭建。

2、转台系统控制程序编制与非线性反馈控制设计

（1）微分反馈校正控制程序及控制实验

参考框图（图 1-2）和电子对象输入输出程序图（图 2-2），建立电子模拟对象微分反馈校正控制程序。

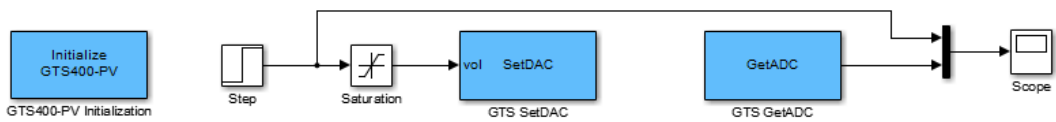


图 2-2 转台系统对象开环控制图

参照前面仿真实验内容中的实验2微分反馈控制内容，调整比例系数  $K$  和微分系数  $\tau$ ，使系统满足如下指标。

- a. 稳态误差  $e_{ss0} \approx 0$
- b. 速度稳态误差  $e_{ss1} \leq 0.05$
- c. 超调量  $\sigma_p \leq 7\%$
- d. 过渡过程时间  $t_s \leq 3s$
- f. 上升过程时间  $t_r \leq 1.0s$

体会反馈校正控制的特点，观察  $\tau$  的微分作用，记录实验数据。

## (2) 死区非线性微分反馈校正控制程序及控制实验

参考框图（图 1-3）和电子对象输入输出程序图，建立电子模拟对象死区非线性微分反馈校正控制程序。调整比例系数  $K$ 、微分系数  $\tau$  和死区宽度  $c_0$ ，使系统满足如下指标。

- a. 稳态误差  $e_{ss0} \approx 0$
- b. 速度稳态误差  $e_{ss1} \leq 0.05$
- c. 超调量  $\sigma_p \leq 30\%$

d. 过渡过程时间  $t_s \leq 4s$

f. 上升过程时间  $t_r \leq 0.55s$

体会引入非线性反馈校正的作用，观察  $c_0$  的变化趋势，至少记录三组不同  $c_0$  条件下的系统控制指标实验数据。

### 三、实验结果记录

- 1、保存转台系统在 simulink 中的所有控制程序框图
- 2、保存转台系统 simulink 控制结果及对比曲线
- 3、保存转台系统实验参数和控制指标，并填入下表。

项目	微分反馈	死区反馈1	死区反馈2	死区反馈3
稳定性				
稳态误差 $e_{ss0}$				
速度误差 $e_{ss1}$				
$\sigma_p$				
$t_r$				
$t_s$				
$K_{max}$				
$K$				
$\tau$				
$c_0$				

### 四、实验结果分析

说明实验过程，包括微分反馈校正、死区非线性微分反馈校正的具体操作方法。

分析实验结果，包括微分反馈控制、死区非线性微分反馈控制的区别和特点，描述死区非线性微分反馈应用的积极意义，以及参



数规律和作用。

比较实验结果和仿真结果的区别，分析原因。