



# 自动控制原理实验报告

## 实验一

姓 名	张瑞程
学 号	22354189
院 系	智能工程学院
专 业	智能科学与技术
指导教师	王萍

2024 年 9 月



## 1. 实验目的

- 熟悉 MATLAB 实验环境，掌握 MATLAB 命令行窗口的基本操作。
- 掌握 MATLAB 建立控制系统数学模型的命令及模型相互转换的方法。
- 掌握使用 MATLAB 命令化简模型基本连接的方法。
- 学会使用 Simulink 结构图模型化简复杂控制系统模型的方法。

## 2. 实验任务

1. 建立控制系统的数学模型。
2. 实现控制系统不同数学模型之间的转换。
3. 求取控制系统模型连接后的等效传递函数。

## 3. 实验设备

系统：Windows 10

软件：Matlab 2022b

## 4. 实验原理

- **MATLAB 软件的使用：**MATLAB 是一个强大的数学计算和工程仿真软件，广泛应用于自动控制领域。其底层代码原理对用户透



明，操作者仅需要通过简单的高级语言，即能够调用相关函数完成复杂地控制操作。

- **控制系统工具箱(Control System Toolbox)**: 提供了连续系统设计和离散系统设计、状态空间和传递函数以及模型转换、时域响应、频域响应、根轨迹、极点配置等功能。
- **控制系统数学模型**: 包括传递函数模型 (tf 对象)、零极点增益模型 (zpk 对象)、状态空间模型 (ss 对象) 等，且它们之间可相互转换。在实际应用中，需要跟据表达式形式和任务要求选择最合适地模型形式。

## 5. 实验步骤

1. 分析系统传递函数的形式，找到最合适的建模方法；
2. 按照相应的方式编写程序并运行；
3. 检查结果的正确性。

## 6. 实验结果

### 任务一

(1) 建立控制系统的传递函数模型：

$$G(s) = \frac{5}{s(s+1)(s^2+4s+4)}$$

法一：使用传递函数模型

```
num = [5];
```

```
den = conv([1], (conv([1,1], [2,4,4])) );
```



```
Gs = tf(num, den);
```

```
printsys(num, den)
```

输出结果：

```
num/den =  
  
          5  
-----  
2 s^3 + 6 s^2 + 8 s + 4
```

法二：使用零点极点增益模型

```
s=tf('s');
```

```
Gs=(5)/(s*(s+1)*(s^2+4*s+4))
```

输出结果：

```
Gs =  
  
          5  
-----  
s^4 + 5 s^3 + 8 s^2 + 4 s
```

(2) 建立控制系统的传递函数模型：

$$G(s) = \frac{s^2 + 4s + 2}{s^3(s^2 + 4)(s^2 + 4s)}$$

法一：使用传递函数模型 1

```
num = [1,4,2];
```

```
den = conv([3,0,0,0], conv([1,0,4], [1,4,0]));
```

```
printsys(num, den)
```

输出结果：



```
num/den =
```

$$\frac{s^2 + 4s + 2}{3s^7 + 12s^6 + 12s^5 + 48s^4}$$

法二：使用传递函数模型 2

`s = tf('s');`

`Gs = (s^2+4*s+2)/(s^3*(s^2+4)*(s^2+4*s))`

```
Gs =
```

$$\frac{s^2 + 4s + 2}{s^7 + 4s^6 + 4s^5 + 16s^4}$$

## 任务二

(1) 建立控制系统的零极点增益模型：

$$G(s) = \frac{8(s+1-j)(s+1+j)}{s^2(s+5)(s+6)(s^2-1)}$$

方法一：使用传递函数模型 1

`s = tf('s');`

`Gs = 8*(s+1-j)*(s+1+j)/(s^2*(s+5)*(s+6)*(s^2-1))`

输出结果：



$$Gs = \frac{8s^2 + 16s + 16}{s^6 + 11s^5 + 29s^4 - 11s^3 - 30s^2}$$

## 方法二：使用零点极点增益模型

单位虚数直接使用 j 进行表示即可。

$$z = [j-1, -1-j];$$

$$p = [0, 0, -5, -6, 1, -1];$$

$$k = 8;$$

$$\text{sys} = \text{zpk}(z,p,k)$$

输出结果：

$$\text{sys} = \frac{8(s^2 + 2s + 2)}{s^2(s+6)(s+5)(s+1)(s-1)}$$

## 方法三：使用传递函数模型 2

$$\text{num1} = [8 \ 16 \ 16];$$

$$\text{den1} = [1 \ 11 \ 29 \ -11 \ -30 \ 0 \ 0];$$

$$[z,p,k] = \text{tf2zp}(\text{num1},\text{den1})$$

$$\text{sys} = \text{zpk}(z,p,k)$$

输出结果：



```
sys =  
  
      8 (s^2 + 2s + 2)  
-----  
s^2 (s+5) (s+6) (s+1) (s-1)
```

(2) 建立控制系统的零极点增益模型：

$$G(s) = \frac{1}{s(s-1)(s^3 + s^2 + 1)}$$

法一：使用零点极点增益模型

```
num = [1];  
den = [1 0 -1 1 -1 0];  
[z,p,k] = tf2zp(num,den)  
sys = zpkm(z,p,k)
```

输出结果：

```
sys =  
  
      1  
-----  
s (s+1.466) (s-1) (s^2 - 0.4656s + 0.6823)
```

法二：使用传递函数模型

```
s = tf('s');  
Gs = 1/(s*(s-1)*(s^3+s^2+1))
```

输出结果：



$$Gs = \frac{1}{s^5 - s^3 + s^2 - s}$$

### 任务三

(1) 将系统传递函数转化为部分分式展开式：

$$\textcircled{1} \quad G(s) = \frac{s^3}{s+3};$$

num = [1,0,0,0];

den = [1,3];

[r,p,k] = residue(num,den)

输出结果：

r =  
-27

p =  
-3

k =  
1      -3      9

(2) 将系统传递函数转化为部分分式展开式：

$$\textcircled{2} \quad G(s) = \frac{8(s+1-j)(s+1+j)}{s^2(s+5)(s^2+1)}。$$

法一：

z = [-1+j; -1-j];





```
p = [0,0,-5,j,-j];
```

```
k = [8];
```

```
[num, den] = zp2tf(z,p,k);
```

```
[r,p,k] = residue(num,den)
```

输出结果：

```
r =  
  
0.2092 + 0.0000i  
-1.3846 + 1.0769i  
-1.3846 - 1.0769i  
2.5600 + 0.0000i  
3.2000 + 0.0000i
```

```
p =  
  
-5.0000 + 0.0000i  
0.0000 + 1.0000i  
0.0000 - 1.0000i  
0.0000 + 0.0000i  
0.0000 + 0.0000i
```

```
k =  
  
[]
```

法二：

```
s = tf('s');
```

```
Gs = (8*(s+1-j)*(s+1+j))/(s^2*(s+5)*(s^2+1))
```

```
num = [8,16,16];
```

```
den = [1,5,1,5,0,0];
```

```
[r,p,k] = residue(num,den)
```

输出结果：

```
r =  
  
0.2092 + 0.0000i  
-1.3846 + 1.0769i  
-1.3846 - 1.0769i  
2.5600 + 0.0000i  
3.2000 + 0.0000i
```

```
p =  
  
-5.0000 + 0.0000i  
0.0000 + 1.0000i  
0.0000 - 1.0000i  
0.0000 + 0.0000i  
0.0000 + 0.0000i
```

```
k =  
  
[]
```



## 任务四

求以下系统的单位负反馈闭环传递函数：

$$G(s) = \frac{2s+1}{s^2+2s+3}。$$

```
num = [2,1];
```

```
den = [1,2,3];
```

```
[numc, denc] = cloop(num, den, -1);
```

```
sys = tf(numc, denc)
```

输出结果：

```
sys =  
  
      2 s + 1  
-----  
    s^2 + 4 s + 4
```

## 实验心得

通过这次实验，我不仅掌握了 MATLAB 的基本操作和控制系统模型的建立与转换，还学会了如何使用 Simulink 进行模型的图形化搭建。这些技能对于我的学术研究和未来的工程实践都具有重要意义。我深刻体会到理论与实践相结合的重要性。在实验过程中，我遇到了一些挑战，比如 MATLAB 的一些语法问题，在模型转换时理解不同模型之间的数学关系，以及在 Simulink 中正确连接各个模块。通过查阅资料和反复实践，我最终克服了这些困难，这不仅增强了我的问题解



决能力，也提高了我的自学能力。

## 问题及改进

1. MATLAB 中单位虚数的表示——>直接用字母即可。
2. MATLAB 中的行向量、列向量区分：

在完成任务三（2）的过程中，我一开始使用如下代码，发生报错。

原：

```
z = [-1+j, -1-j];
```

```
p = [0,0,-5,j,-j];
```

```
k = [8];
```

```
[num, den] = zp2tf(z,p,k);
```

```
[r,p,k] = residue(num,den)
```

错误使用 **zp2tf**  
z 必须为列向量。

出错 **untitled7** (第 11 行)  
**[num, den] = zp2tf(z,p,k);**

在查阅资料后发现，MATLAB 中向量使用“,”区分不同列，使用“;”区分不同行，而 zp2tf 函数要求 z 必须为列向量。按照如下方式修改后成功运行。

改：

```
z = [-1+j; -1-j];
```

```
p = [0,0,-5,j,-j];
```

```
k = [8];
```

```
[num, den] = zp2tf(z,p,k);
```

```
[r,p,k] = residue(num,den)
```