# 浙江大学

# 本科生实验报告

课程 自动控制理论（乙）

姓名 

学号 

专业 电子科学与技术

实验内容 实验一

# 实验一

## 1. 实验目的

（1）熟悉 MATLAB 及其在模型表示方法，掌握用 MATLAB 进行方块图的转化；
（2）熟悉 MATLAB 的绘图方法，掌握用 MATLAB 进行控制系统的时域分析方法。

## 2. 实验内容

2.1.实验内容 1
（1）给定连续系统状态空间方程：

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -2.8 & -1.4 & 0 & 0 \\ 1.4 & 0 & 0 & 0 \\ -1.8 & -0.3 & -1.4 & -0.6 \\ 0 & 0 & 0.6 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} x$$

求传递函数模型和零极点模型，并判断其稳定性。

（2）系统方块图如图 1 所示,求输入输出传递函数，并与方框图得到的传递函数进行比较。

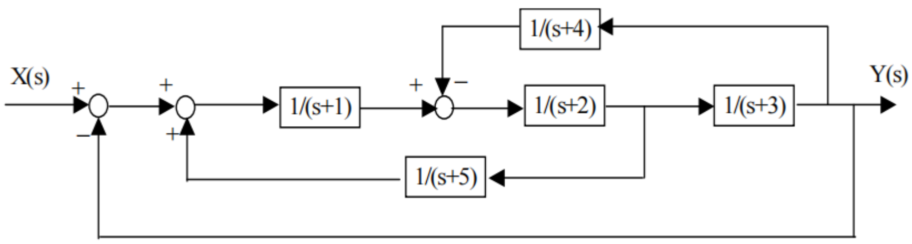



图 1

2.2.实验内容 2

（1）典型二阶系统$H(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$，其中$\omega_n$为自然频率（无阻尼振荡频率），$\zeta$为阻尼比。试求：

a.当$\omega_n = 6$，$\zeta$分别为 0.1，0.2，……1.0，2.0 时的单位阶跃响应（绘制在同一张图上）；
b.当$\zeta$=0.7，$\omega_n$取 2，4，6，8，10，12 时的单位阶跃响应（绘制在同一张图上）。

（2）编程计算二阶系统$G(s) = \frac{1}{s^2+s+1}$的时域指标（上升时间，超调量，峰值时间，稳态时间）。

## 5. 实验过程及数据记录

5.1.实验内容 1 过程及记录
A1：编写 MATLAB 程序如下：

```
%Lab1Q1
```

```
A=[-2.8 -1.4 0 0;1.4 0 0 0;-1.8 -0.3 -1.4 -0.6;0 0 0.6 0];
B=[1;0;1;0];
C=[0 0 0 1];
D=0;
[num,den]=ss2tf(A,B,C,D,1);
sys=tf(num,den,-1);
[r,p,k]=residue(num,den);
```

输出如图 2 所示。

```
>> Lab1

sys =

            0.6 z^2 + 0.6 z + 0.924
  -------------------------------------------
  z^4 + 4.2 z^3 + 6.24 z^2 + 3.752 z + 0.7056

采样时间: 未指定
离散时间传递函数。


r =

   10.6111
    3.5000
  -11.5845
    0.9733


p =

   -1.4000
   -1.4000
   -1.0606
   -0.3394


k =
```

图 2

由结果可知，该系统的传递函数为：

$$G(s)=\frac{0.6s^2+0.6s+0.924}{s^4+4.2s^3+6.24s^2+3.752s+0.7056}$$
$$=\frac{10.6111}{s+1.4}+\frac{3.5}{(s+1.4)^2}-\frac{11.5845}{s+1.0606}-\frac{0.9733}{s+0.3394}$$

由于所有极点都在复实轴，该系统稳定。

A2:编写 MATLAB 程序如下：

```
%L1Q2
s=tf('s');
sys1=1/(s+1);
sys2=1/(s+2);
sys3=1/(s+3);
sys4=(s+1)/(s+4);
sys5=(s+3)/(s+5);
sys6=series(series(sys1,sys2),sys3);
sys7=sys4-sys5;
sys8=feedback(sys6,sys7,-1);
sys9=1;
sysc=feedback(sys8,sys9,-1);
```

```
>> L1Q2

sysc =

                  s^2 + 9 s + 20
  ---------------------------------------------
  s^5 + 15 s^4 + 85 s^3 + 226 s^2 + 282 s + 133

Continuous-time transfer function.
```

图 3

输出如图 3。因此该系统的传递函数为：

$$G(s)=\frac{s^2+9s+20}{s^5+15s^4+85s^3+226s^2+282s+133}$$

使用方块图法，得到的结果是一致的。

5.2.实验内容 1 过程及记录

A1：编写 MATLAB 程序如下：

```
%L2Q1
t=0:0.01:10;
omega_n=6;
figure(1);
hold on;
Yt=[];
for i=1:1:9
    theta=0.1*i;
    for n=1:1:1001
    Yt(n)=1-(1/sqrt(1-theta^2))*exp(-theta*omega_n*t(n))*sin(omega_n*sqrt(1-
theta^2)*t(n)+acos(theta));
    end
    plot(t,Yt);
    xlabel('t');
    ylabel('Y(t)');
end
for n=1:1:1001
    Yt(n)=1-exp(-omega_n*t(n))*(1+omega_n*t(n));
end
plot(t,Yt);
xlabel('t');
ylabel('Y(t)');
theta=2;
T1=1/(omega_n*(theta+sqrt(1-theta^2)));
```

```
T2=1/(omega_n*(theta-sqrt(1-theta^2)));
for n=1:1:1001
    Yt(n)=1+exp(-t(n)/T1)/(T2/T1-1)+exp(-t(n)/T2)/(T1/T2-1);
end
plot(t,Yt);
xlabel('t');
ylabel('Y(t)');
hold off;
theta=0.7;
figure(2);
hold on;
for i=1:1:6
    omega_n=2*i;
    for n=1:1:1001
        Yt(n)=1-(1/sqrt(1-theta^2))*exp(-theta*omega_n*t(n))*sin(omega_n*sqrt(1-
theta^2)*t(n)+acos(theta));
    end
    plot(t,Yt);
    xlabel('t');
    ylabel('Y(t)');
end
hold off;
```

输出的图像如图 4、图 5 所示：

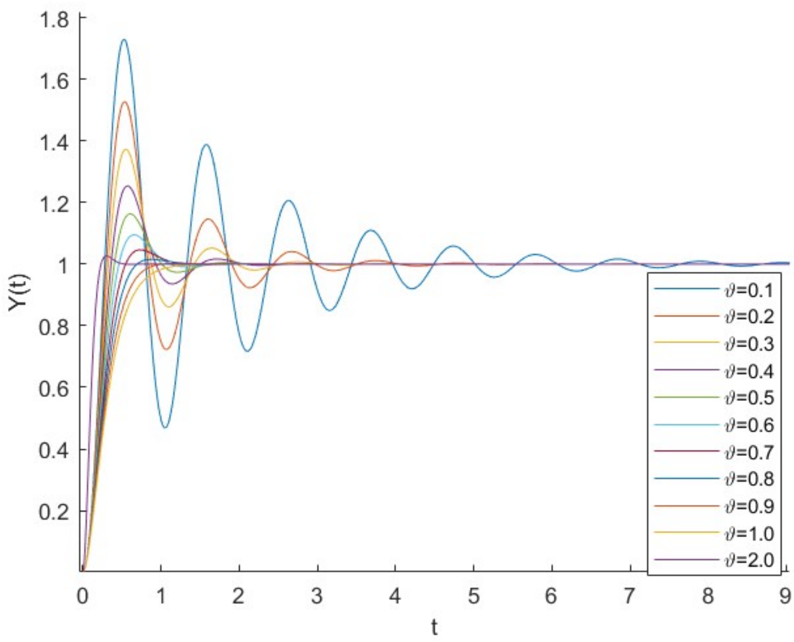



图 4 $\omega = 6$，$\zeta$从 0.1 变到 2.0 时的响应曲线

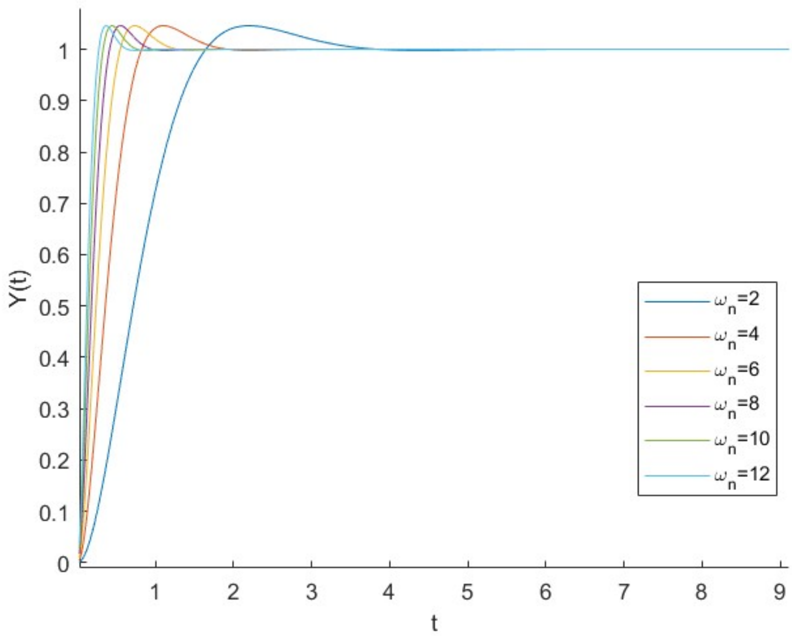
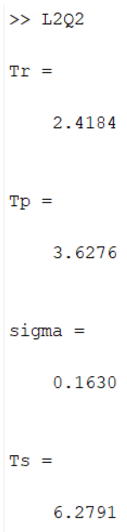



图 5 $\zeta=0.7$，$\omega_n$从 2 变到 12 时的响应曲线

从图中可以看到：固定$\omega_n$，$\zeta$在 0~1 区间时呈欠阻尼振荡，输出是具有衰减振荡的过渡过程曲线，会产生超过稳定值的超调量，且$\zeta$越小，振荡到达的峰值越高，稳定速度越慢；当$\zeta=1$时为临界阻尼响应；当$\zeta>1$时为过阻尼振荡，输出是非振荡的过渡过程曲线，幅值缓慢上升至稳定值。固定$\zeta=0.7$，改变$\omega_n$，输出的衰减振荡过渡过程曲线将更早地到达峰值，且其到达稳定所需的时间越少。

A2：编写 MATLAB 程序如下：

```
%L2Q2
omega_n=1;
theta=0.5;
Tr=(pi-acos(theta))/(omega_n*sqrt(1-theta^2))
Tp=pi/(omega_n*sqrt(1-theta^2))
sigma=exp(-theta*pi/sqrt(1-theta^2))
Ts=abs(log(0.05*sqrt(1-theta^2))/(theta*omega_n))
t=0:0.01:20;
Yt=[];
for n=1:1:2001
    Yt(n)=1-(1/sqrt(1-theta^2))*exp(-theta*omega_n*t(n))*sin(omega_n*sqrt(1-theta^2)*t(n)+acos(theta));
end
plot(t,Yt);
```



```
>> L2Q2

Tr =

    2.4184


Tp =

    3.6276


sigma =

    0.1630


Ts =

    6.2791
```

图 6

得到输出如图 6：

从结果来看，该系统的上升时间$T_r=2.4184s$，超调量$\sigma=0.1630$，峰值时间$T_p=3.6276s$，稳

态时间$T_s = 6.2791s$。

根据响应曲线图 7，可以从定义上验证上述求解是正确的

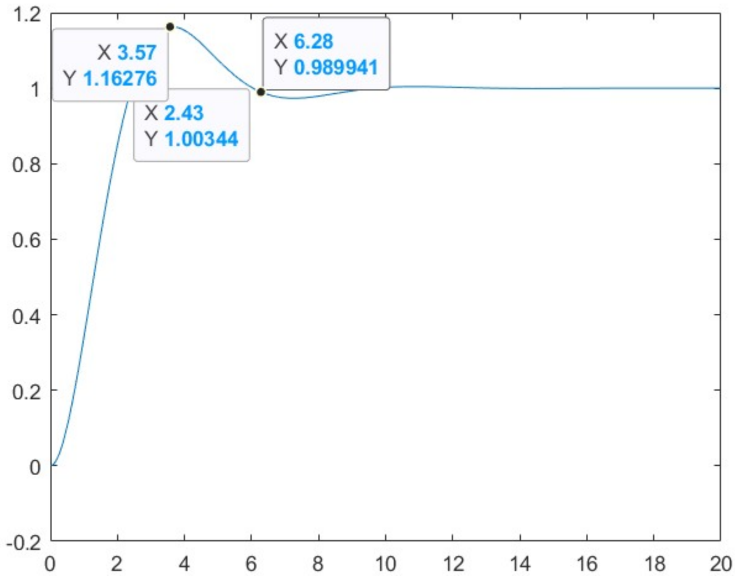



图 7

## 5. 总结

本次实验主要学习了 MATLAB 中有关控制理论方面的功能，重点学习了状态方程和传递函数之间的转化、传递函数的零极点表示法等技能，相应的结果均符合实际。