

一 数学模型的建立

1. 已知控制系统的传递函数为 $G(s) = \frac{s^2 + 3s + 2}{s^3 + 5s^2 + 7s + 3}$ ，用 matlab 建立其数学模型。

解：(1) 生成连续传递函数模型，在 matlab 中命令窗口中输入：

```
num=[1 3 2];
den=[1 5 7 3]      ;
sys=tf(num,den)
```

运行结果为：

```
Transfer function:
      s^2 + 3 s + 2
-----
      s^3 + 5 s^2 + 7 s + 3
```

(2) 直接生成传递函数模型

```
sys=tf([1 3 2],[1 5 7 3])
```

运行结果为：

```
Transfer function:
      s^2 + 3 s + 2
-----
      s^3 + 5 s^2 + 7 s + 3
```

(3) 建立传递函数模型并指定输出变量名称和输入变量名称。

```
sys=tf(num,den,'inputname','输入端','outputname','输出端')
```

运行结果为： num=[1 3 2];

den=[1 5 7 3];

```
transfer function from input "输入端" to output "输出端":
      s^2 + 3 s + 2
-----
      s^3 + 5 s^2 + 7 s + 3
```

(4) 生成离散传递函数模型（指定采样周期为 0.1s）。

```
num=[1 3 2];
den=[1 5 7 3];
sys=tf(num,den,0.1)
```

```
Transfer function:
      z^2 + 3 z + 2
-----
      z^3 + 5 z^2 + 7 z + 3
```

Sampling time: 0.1

(5) 生成离散传递函数模型（未指定采样周期）。

```
sys=tf(num,den,-1)
Transfer function:
      z^2 + 3 z + 2
-----
```

```
      z^3 + 5 z^2 + 7 z + 3
Sampling time: unspecified
```

(6) 生成离散传递函数模型（指定采样周期为 0.1s 且按照 z^{-1} 排列, variable: 变量）。

```
sys=tf(num,den,0.1,'variable','z^-1')
Transfer function:
      1 + 3 z^-1 + 2 z^-2
-----
```

```
      1 + 5 z^-1 + 7 z^-2 + 3 z^-3
```

Sampling time: 0.1

2. 系统的零极点增益模型为 $G(s) = \frac{(s+0.1)(s+0.2)}{(s+0.3)^2}$ ，用 matlab 建立其传递函数模型。

```
解: z=[-.1, .2];p=[-.3,-.3];k=1;  
sys1=zpk(z,p,k)
```

分析: 建立系统的零极点增益模型

```
Zero/pole/gain:  
(s+0.1) (s-0.2)
```

```
-----  
(s+0.3)^2
```

```
sys2=tf(sys1)
```

分析: 将零极点增益模型转化成函数模型

```
Transfer function:
```

```
s^2 - 0.1 s - 0.02
```

```
-----  
s^2 + 0.6 s + 0.09
```

二. (一) .时域分析系统性能

1. 系统传递函数为 $G(s) = \frac{2s+1}{2s^2+s+4}$ ，求阶跃响应，并作系统性能分析

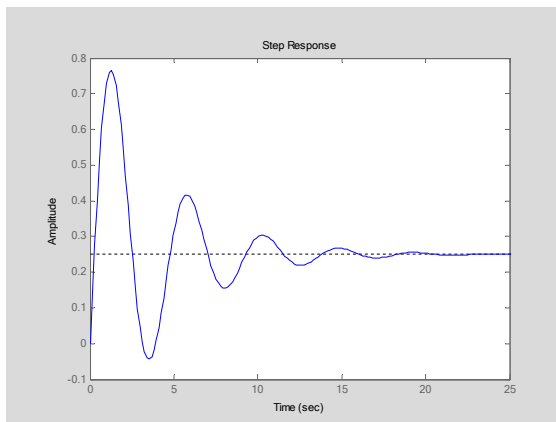
```
解: num=[2 1];  
den=[2 1 4];  
sys=tf(num,den)  
step(sys)  
[y,t,x]=step(sys) ;  
max(y)  
tp=spline(y,t,max(y))
```

```
Transfer function:
```

```
2 s + 1
```

```
-----  
2 s^2 + s + 4
```

```
ans =  
0.7664  
tp =  
1.274
```

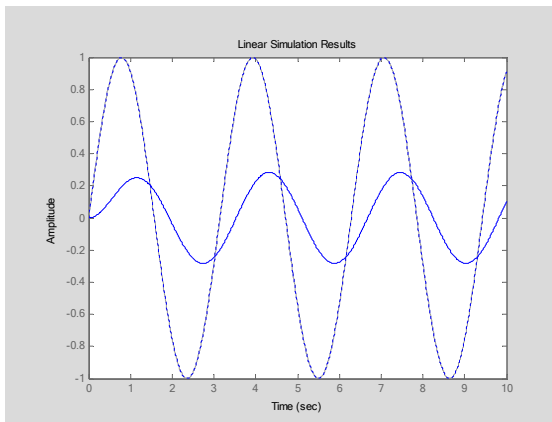


系统分析: 如图, 能够看出该系统的峰值时间 $t_p = 1.2742s$, 超调量 $t_s = 0.7664s$ 。

2. 系统传递函数为 $G(s) = \frac{s+2}{2s^2+5s+8}$ ，输入正弦信号时 $u = \sin 2t$ ，观察输出信号相位差能分析。

```
解: num=[1 2];
den=[2 5 8];
sys=tf(num,den)
t=0:0.01:10;
u=sin(2*t);
lsim(sys,u,t)
hold on
plot(t,u,':')
Transfer function:
s + 2
```

```
-----
2 s^2 + 5 s + 8
```



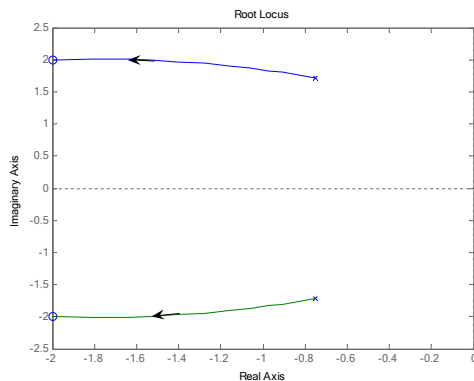
分析：如图，能够清楚的看出传递函数和正弦信号之间的相位关系。

(二) 根轨迹分析法

1. 已知单位负反馈系统的开环传递函数为 $G(s) = \frac{s^2+4s+8}{2s^2+3s+7}$ ，绘制其闭环系统的根轨迹。

```
解: G=tf([1 4 8],[ 2 3 7])
rlocus(G)
Transfer function:
s^2 + 4 s + 8
```

```
-----
2 s^2 + 3 s + 7
```



分析：由开环传递函数可得闭环传递函数，同时可知其闭环极点有两个，闭环零点有两个，其分布如图所示，并能够看出根轨迹。

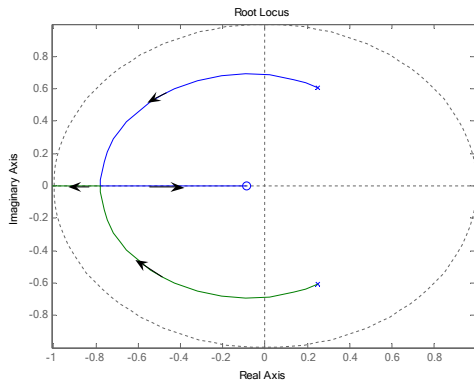
2. 离散时间控制系统，已知 $G(z) = \frac{0.7z + 0.06}{z^2 - 0.5z + 0.43}$ ，采样周期 $T_s = 0.1s$ ，绘制其根轨迹。

解：`sys=tf([0.7 0.06],[1 -0.5 0.43],0.1)`
`rlocus(sys)`

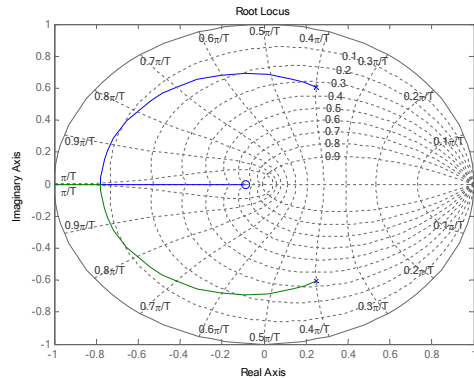
Transfer function:
 $0.7z + 0.06$

 $z^2 - 0.5z + 0.43$

Sampling time: 0.1



图（一）



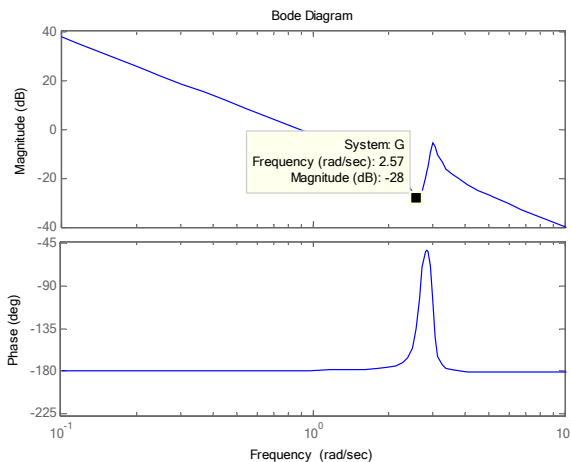
图（二）

分析：由图可知，该系统共有有一个零点，两个极点，其分布如图所示。与图一不同，图二添加了网格线，更有助于分析系统的稳定性。

（三）频域分析法

1. 线性定常连续系统的传递函数为 $G(s) = \frac{s^2 + 0.2s + 7}{s^4 + 0.15s^3 + 9s^2}$ ，绘制其 Bode 图。

解：`G=tf([1 0.2 7],[1 0.15 9 0 0]);`
`bode(G)`



分析：根据 bode 图所示，能够看出该函数变化的幅频特性和相频特性。

2. 系统的开环传递函数为 $G(s) = \frac{5}{2s^2 + 4s + 7}$ ，绘制其 Bode 图，并确定其谐振峰值（mr）和谐振频率（wr）的大小。

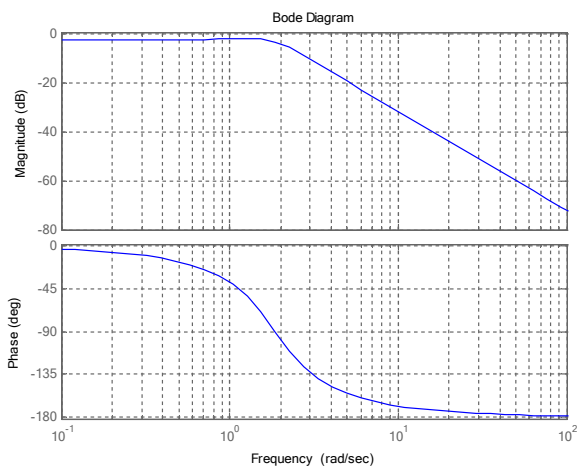
```
解： num=[5];
      den=[2 4 7];
      sys=tf(num,den)
      bode(sys)
      grid on
      [m,p wr]=bode(sys);
      mr=max(m)
      wr=spline(m,w,mr)
```

```
Transfer function:
      5
```

```
-----
2 s^2 + 4 s + 7
```

```
mr =0.7902
```

```
wr =1.2651
```



分析：可以根据程序读出该系统的谐振峰值为 0.7902.谐振频率为 1.2651.

三. 线性系统的校正

(一).根轨迹校正法

1. 已知系统的开环传递函数为 $G(s) = \frac{4}{s^2 + 2s}$ ，要求： $M_p < 20\%$, $t_s < 2s$ 。试用根轨迹法做

微分校正。

```
解： (1) num=[4];
      den=[1 2 0];
      sys=tf(num,den)
```

求出开环传递函数，并显示运行结果。

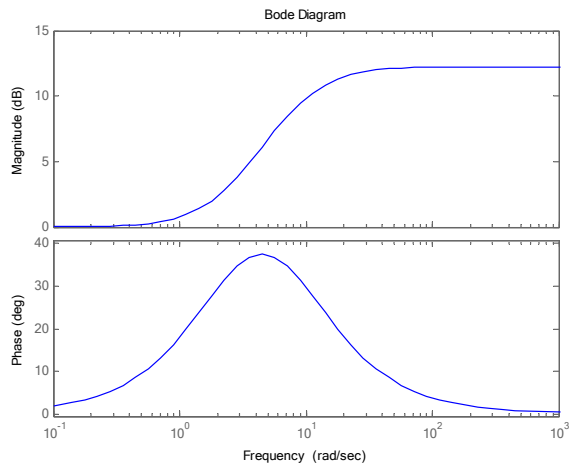
```
Transfer function:
```

```
4
```

```
-----
s^2 + 2 s
```

```
(2) rlocus(n,d);
```

做出开环传递函数的 bode 图:

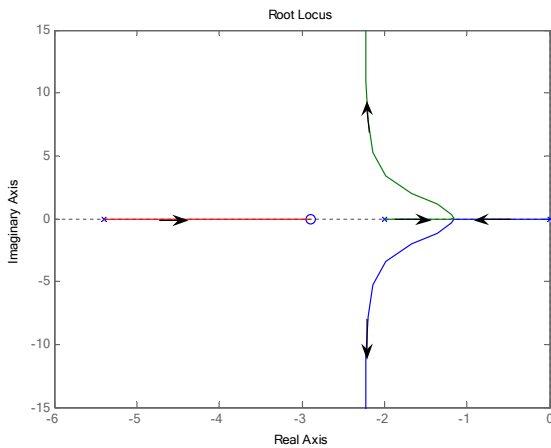


(3) 添加校正函数为 $G_0(s) = \frac{4.68(s + 2.9001)}{(s + 5.4)}$ ，校正后的传递函数为

$$G(s) = \frac{18.72(s + 2.9001)}{(s + 5.4)(s^2 + 2s)}$$

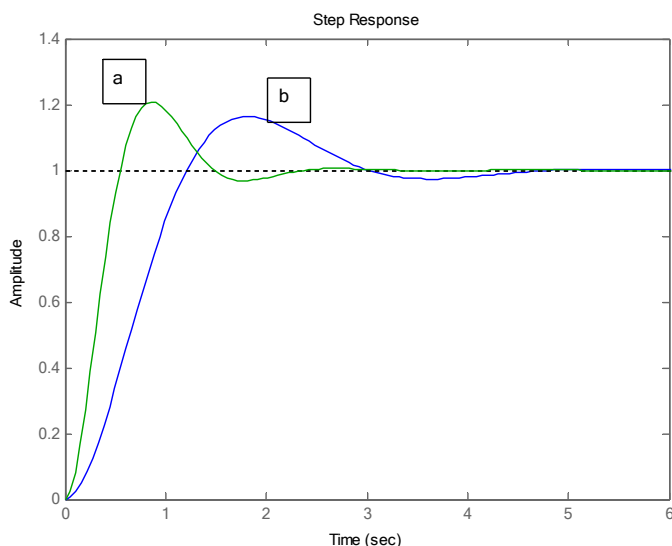
```
n1=[4.68];n2=[1 2.9];n3=[4];
d1=[1 5.4];d2=[1 0];d3=[1 2];
n=conv(n1,conv(n2,n3));
d=conv(d1,conv(d2,d3));
rlocus(n,d);
```

校正程序，及校正后的根轨迹图：



(3) 时间响应分析

```
step([4],[1 2 4]);
hold on
[nc,dc]=cloop(n,d,-1);
step(nc,dc);
```



分析总结：上图通过校正环节可以明显的看出校正前（b）图。调节时间长于校正后（a）图

2.（串联滞后校正）已知单位反馈系统的开环传递函数为 $G_0(s) = \frac{K}{s(s+1)(s+2)}$ ，对应 $K = 1.03$ 时，系统的静态速度误差系数： $K_V = \lim_{s \rightarrow 0} sG_0(s) = 0.515s^{-1}$ 。要求将静态速度误差系数 K_V 增大到大约为 $5s^{-1}$ （10 倍），而不使主导极点有明显的变化，试确定校正装置。

解：（1）为了将静态速度误差系数 K_V 增加到大约为 $5s^{-1}$ （10 倍），可选滞后校正装置的传递函数为：

$$G_{ck}(s) = \frac{s+0.1}{s+0.01} (\beta = 10)$$

$$\text{校正后的系统开环传递函数为： } G(s) = \frac{1.03(s+0.1)}{s(s+0.01)(s+1)(s+2)}$$

（2）未校正时开环传递函数程序及根轨迹：

$$\text{校正前： } G_0(s) = \frac{K}{s(s+1)(s+2)}$$

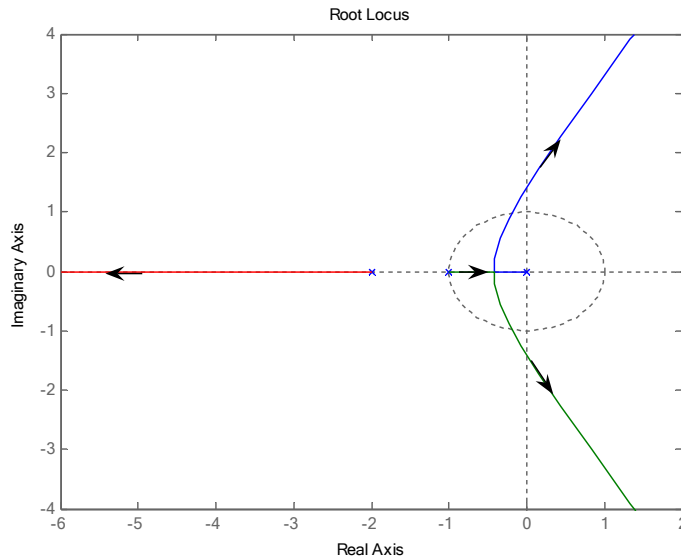
```
z=[];p=[0 -1 -2];k=1.03;
sys1=zpk(z,p,k);
[num,den]=zp2tf(z,p,k)
sys2=tf(num,den,k)
rlocus(sys2)
```

```
num =
      0      0      0      1.0300
den =
      1      3      2      0
```

```
Transfer function:
      1.03
```

```
-----
z^3 + 3 z^2 + 2 z
```

```
Sampling time: 1.03
```



根据原始根轨迹图可知在 $\zeta = 0.5$ 时系统闭环主导极点: $s_d = -0.334 \pm j0.573$

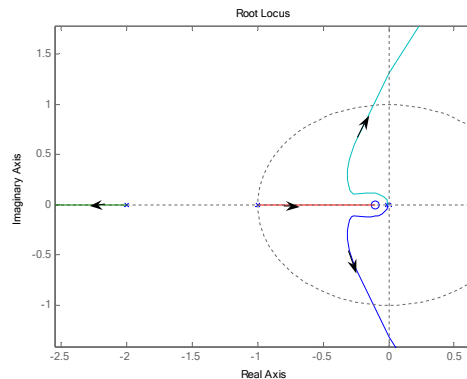
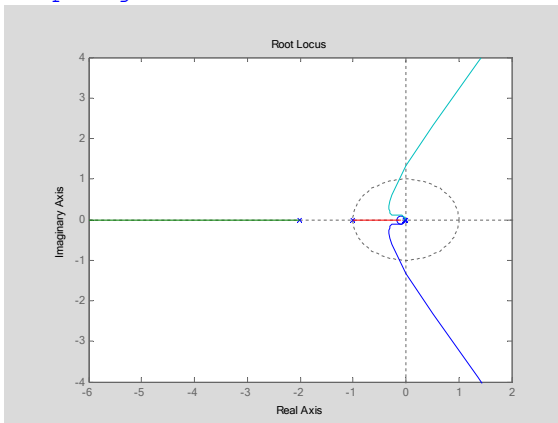
(3) 校正后的系统开环传递函数为: $G(s) = \frac{1.03(s+0.1)}{s(s+0.01)(s+1)(s+2)}$, 其根轨迹及程序如下:

```
z=[-0.1];p=[0 -0.01 -1 -2];k=1.03;
sys1=zpk(z,p,k);
[num,den]=zp2tf(z,p,k)
sys2=tf(num,den,k)
rlocus(sys2)
```

```
num =
      0      0      0  1.0300  0.1030
den =
  1.0000  3.0100  2.0300  0.0200  0
```

```
Transfer function:
      1.03 z + 0.103
-----
z^4 + 3.01 z^3 + 2.03 z^2 + 0.02 z
```

Sampling time: 1.03



由图可知在 $K = 1.03$ 时，闭环复数极点为： $s_d = -0.279 \pm j0.545$ 。系统的静态速度误差系数

$$K_V = \lim_{s \rightarrow 0} sG(s) = 5.15s^{-1}$$

(4) 校正前,校正后系统的单位阶跃响应及其相应程序:

$$\text{校正前的传递函数: } G_0(s) = \frac{K}{s(s+1)(s+2)}$$

$$\text{校正后的传递函数: } G(s) = \frac{1.03(s+0.1)}{s(s+0.01)(s+1)(s+2)}$$

求取校正前和校正后的闭环传递函数程序如下:

```
G0=tf([1 3 2 0],[1 3 2 1.03])
```

```
G=tf([ 1 3.01 2.03 0.02 0],[1 3.01 2.03 1.05 0.103])
```

```
step(-G0,'-',-G,'-.');
```

Transfer function:

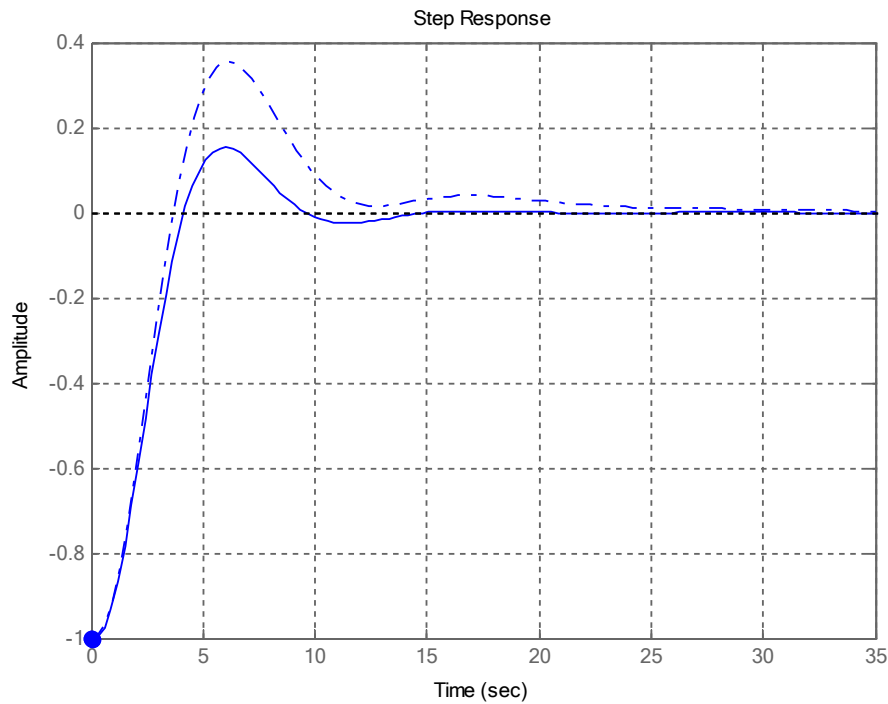
$$\frac{s^3 + 3s^2 + 2s}{s^3 + 3s^2 + 2s + 1.03}$$

$$s^3 + 3s^2 + 2s + 1.03$$

Transfer function:

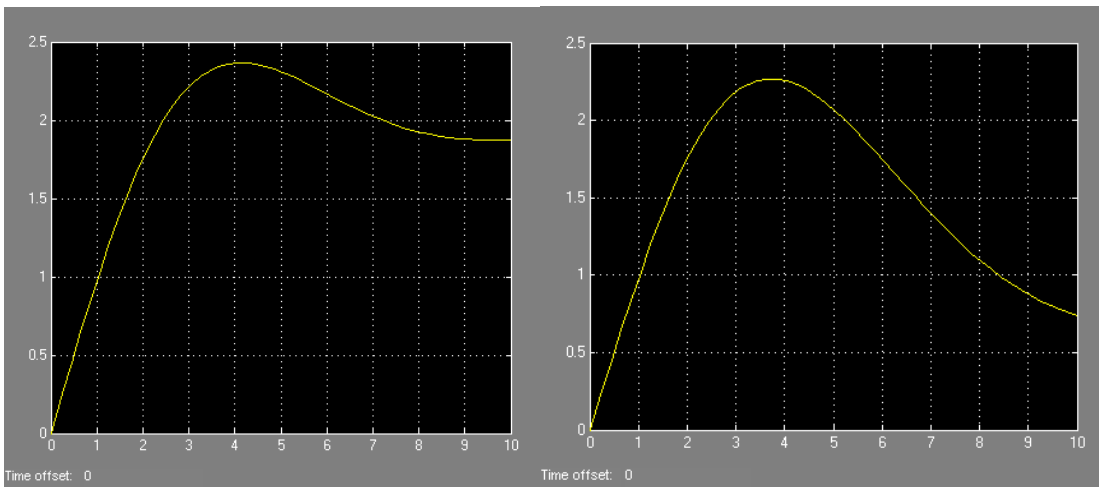
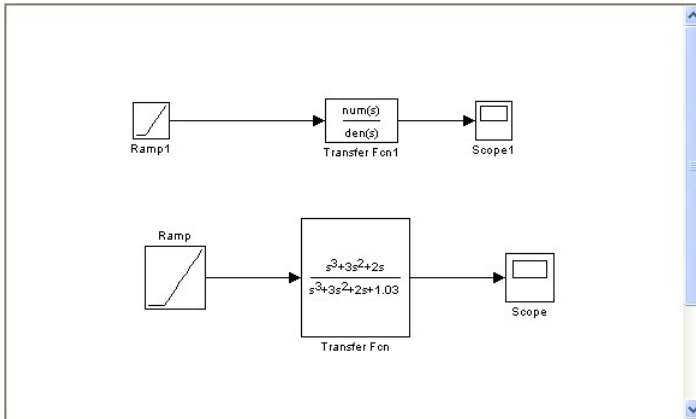
$$\frac{s^4 + 3.01s^3 + 2.03s^2 + 0.02s}{s^4 + 3.01s^3 + 2.03s^2 + 1.05s + 0.103}$$

$$s^4 + 3.01s^3 + 2.03s^2 + 1.05s + 0.103$$



注：虚线为校正后，实线为校正前。

(5) 校正前后的单位斜坡响应



校正前系统单位西坡响应

校正后系统单位西坡响应

根据 (3) (4) 可知：仿真结果表明。校正后的系统跟踪斜坡信号误差明显变小，但阶跃响应的超调量有所增加，这是由于滞后校正网络的零极点与主导极点的距离不够远，产生了相角之后。因此，当主导极点距离原点较近时，不容易满足滞后校正的条件，此时若采用滞后校正，会对系统的动态性能产生影响。另外，滞后校正装置产生了一个靠近原点的闭环极点，使系统的调节时间变长。

(6) 校正前和校正后的闭环极点

```
sys1=tf([1 3 2 0],[1 3 2 1.03])
```

```
rlocus(sys1);
```

Transfer function:

$$\frac{s^3 + 3s^2 + 2s}{s^3 + 3s^2 + 2s + 1.03}$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。
如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/778016102136007001>