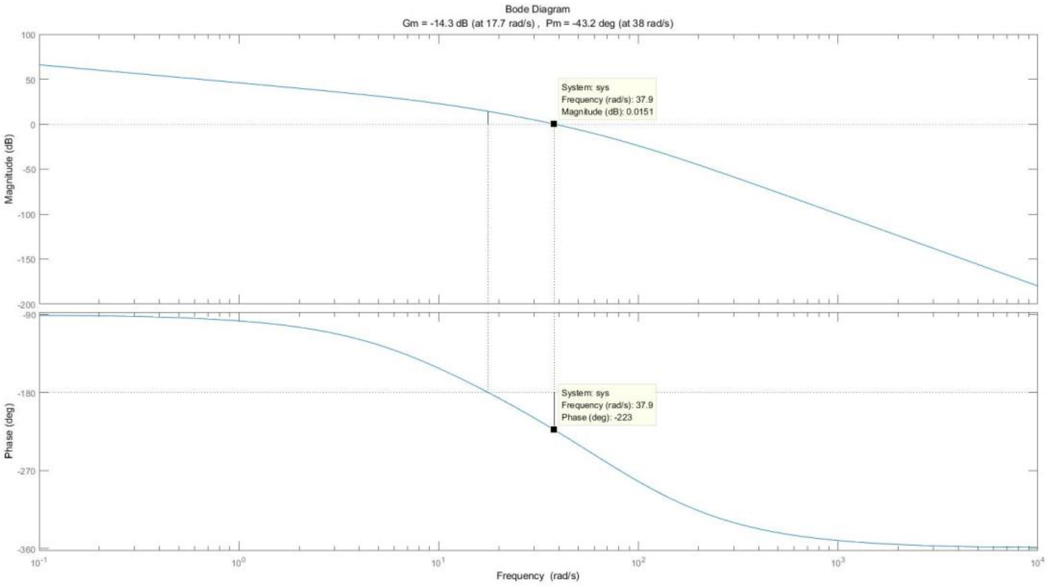
自动控制理论 B

Matlab 仿真实验报告

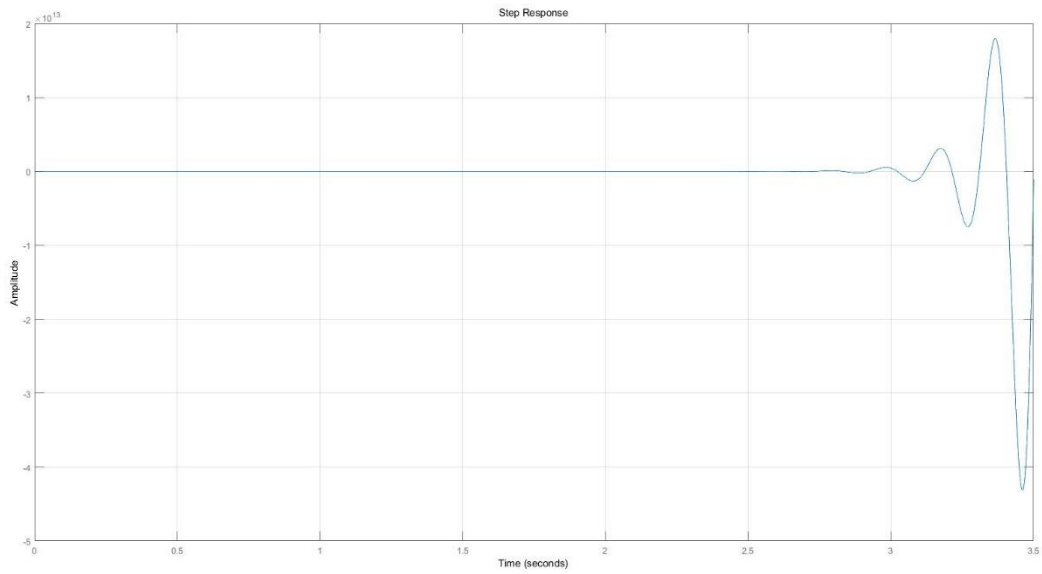
实 验 名 称	：线性系统的频率校正设计
姓　　　名	：
学　　　号	：
班　　　级	：
撰 写 日 期	：2023/4/7

哈尔滨工业大学（深圳）

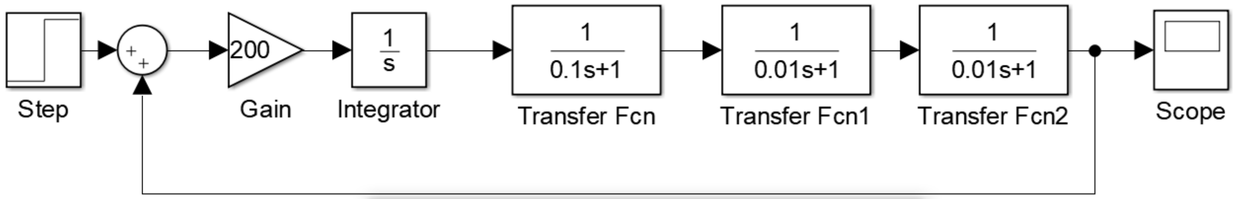
一、 未校正系统的时域指标和频率性能

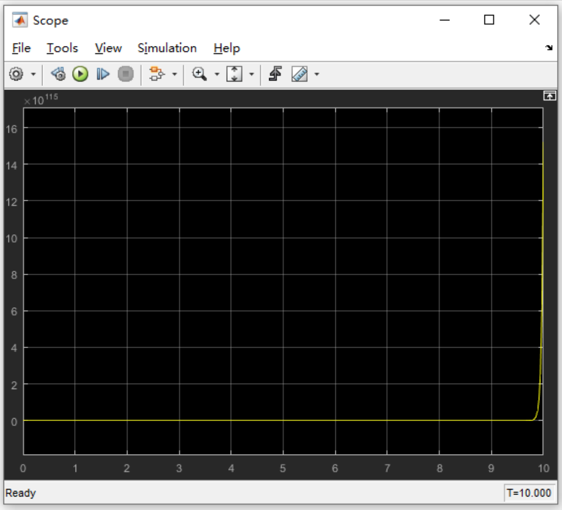


未校正系统 Bode 图,剪切频率为 ω_c =37.9rad/s,相角裕度 γ=-43°.



未校正系统不稳定,在阶跃输入作用下震荡发散.





要求系统的性能指标为单位阶跃系统的调整时间 t_s<0.7sec, 单位阶跃响应超调量 $\sigma_p \leqslant 30\%$. 由经验公式 $\sigma_p=0.16+0.4*(1/\sin\gamma-1)$, $ts=\pi/\omega_c*(2+1.5*(1/\sin\gamma-1)+2.5*(1/\sin\gamma-1)^2)$ 得, $\gamma \geqslant 47.79°$, $\omega_c \geqslant 12.7$rad/s.

二、 迟后-超前校正设计步骤

1. 迟后环节优先的迟后-超前校正设计

先设计迟后校正环节, 取期望的剪切频率为 ω_{c1}=8rad/s, 使用剪切频率优先迟后校正方法, 得 β=19.2, 取 τ=1.2, 得迟后环节(1.2s+1)/(23s+1). 此时系统为

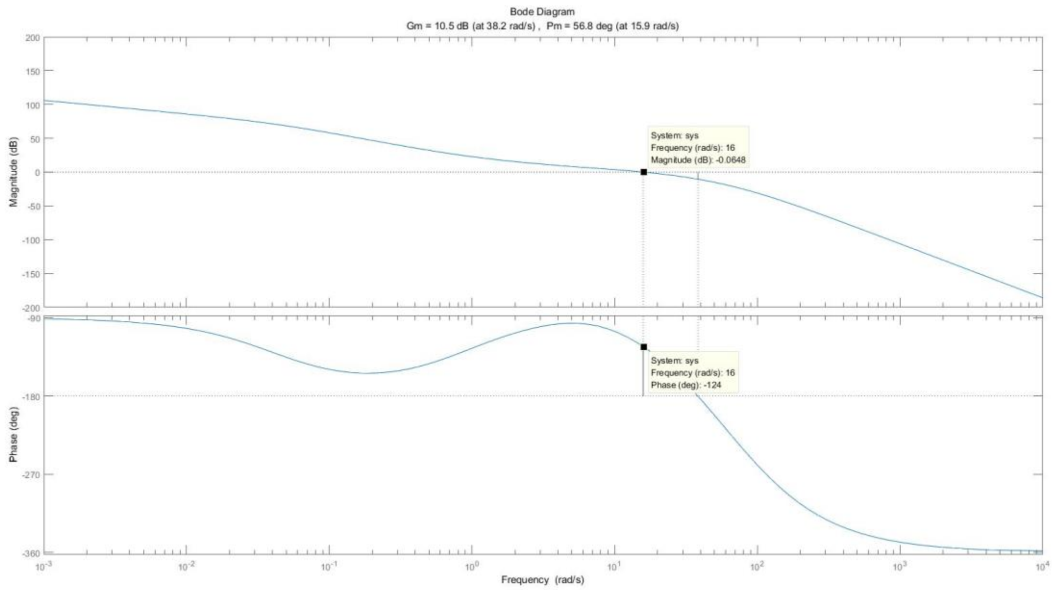
200(1.2s+1)/s(0.1s+1)(0.01s+1)(0.02s+1)(23s+1)

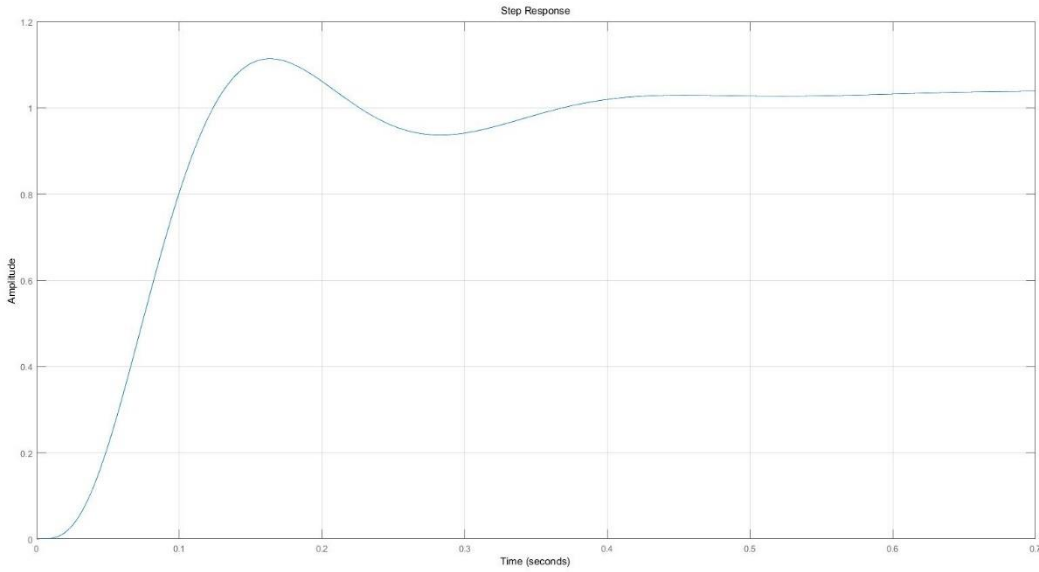
剪切频率为 ω_c =8rad/s, 相角裕度 γ=31.85° .

再设计超前校正环节, 取期望的剪切频率为 ω_{c2}=16rad/s, 使用剪切频率优先超前校正方法, 得 α=9.4, Φ_m=53.87° , 将频率对准得 T=0.02, 得超前环节(0.19s+1)/(0.02s+1). 此时系统为

200(1.2s+1)(0.19s+1)/s(0.1s+1)(0.01s+1)(0.02s+1)(23s+1)(0.02s+1)

剪切频率为 ω_c =15.88rad/s, 相角裕度 γ=56.75° , 满足需求.





2. 超前环节优先的迟后-超前校正设计 1

先降低开环增益 K=12, 此时系统为

12/s(0.1s+1)(0.01s+1)(0.02s+1)

剪切频率为 ω_c =8.8rad/s,相角裕度 γ=33.64°.

再设计超前校正环节, 取期望的剪切频率为 ω_{c2}=16rad/s, 使用剪切频率优先超前校正方法,得 α=7.2, ϕ_m=49.12°,将频率对准得 T=0.0233,得超前环节(0.1677s+1)/(0.0233s+1). 此时系统为

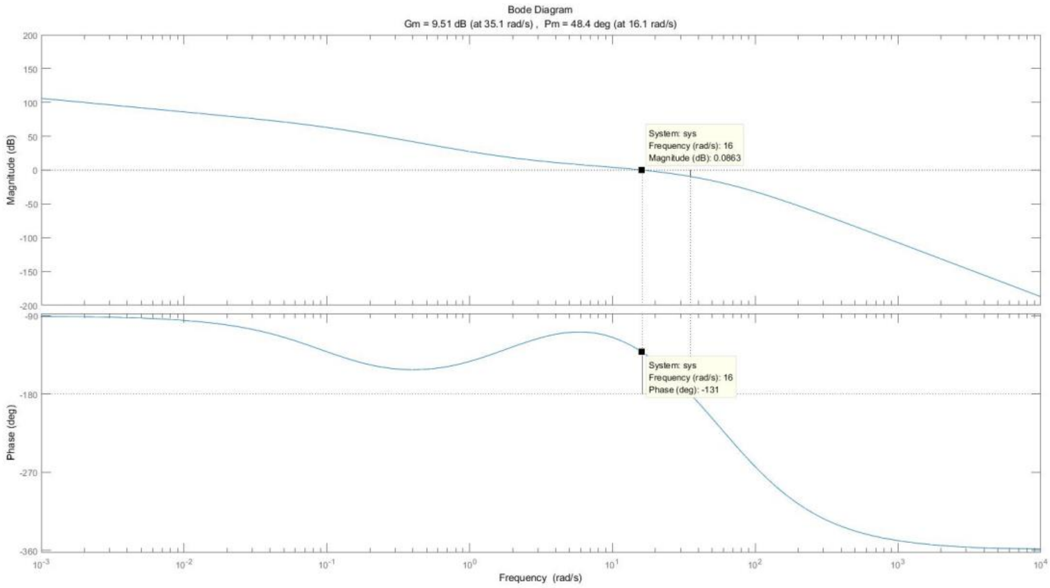
12(0.1677s+1)/s(0.1s+1)(0.01s+1)(0.02s+1)(0.0233s+1)

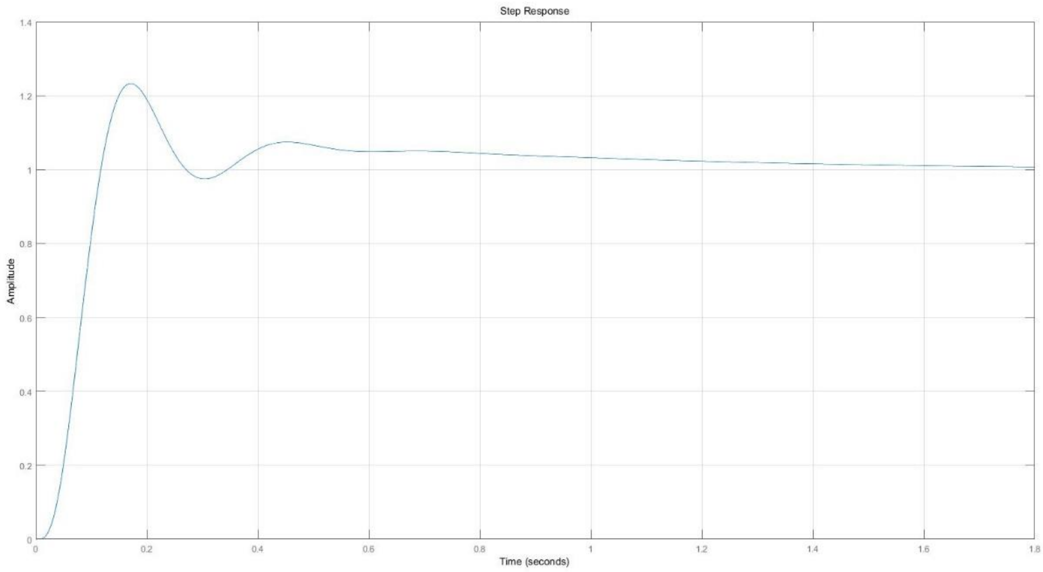
剪切频率为 ω_c =16rad/s,相角裕度 γ=54.29°.

最后设计迟后校正环节, 得 β=16.7,取 τ=0.6,得迟后环节 16.7 (0.6s+1)/(10s+1).

200 (0.1677s+1)(0.6s+1)/s(0.1s+1)(0.01s+1)(0.02s+1)(0.0233s+1)(10s+1)

剪切频率为 ω_c =16.12rad/s,相角裕度 γ=48.35°,满足需求.





3. 超前环节优先的迟后-超前校正设计 2

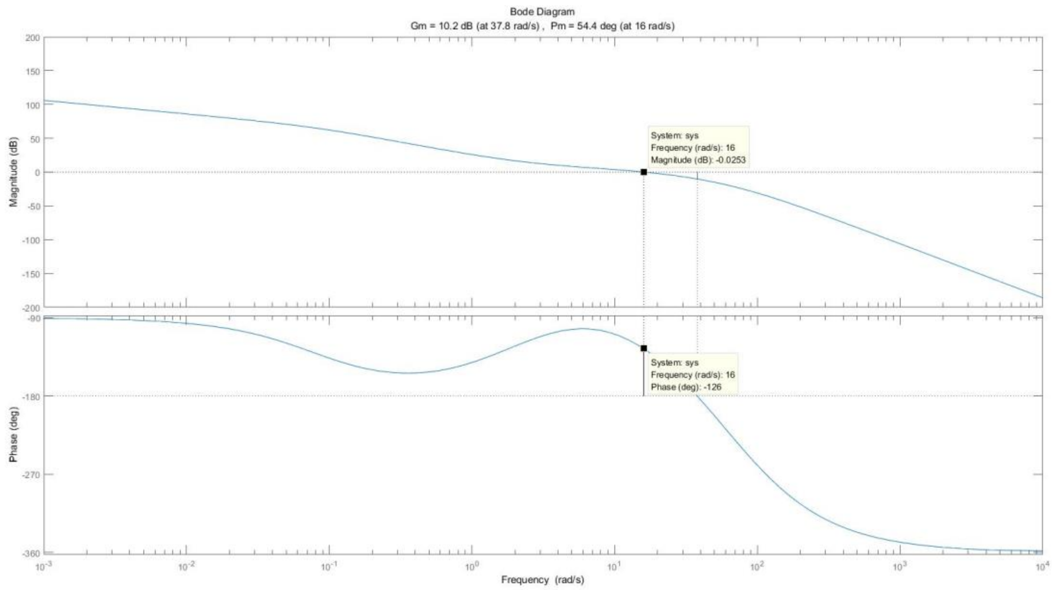
先进行超前校正环节,选取校正后系统的剪切频率为 ω_{c2}=16rad/s,未校正系统在此频率的相角储备为 5.17°,取超前相角 ϕ_m=55°,得 α=10, 将频率对准得 T=0.02, 得超前环节(0.2s+1)/(0.02s+1). 此时系统为

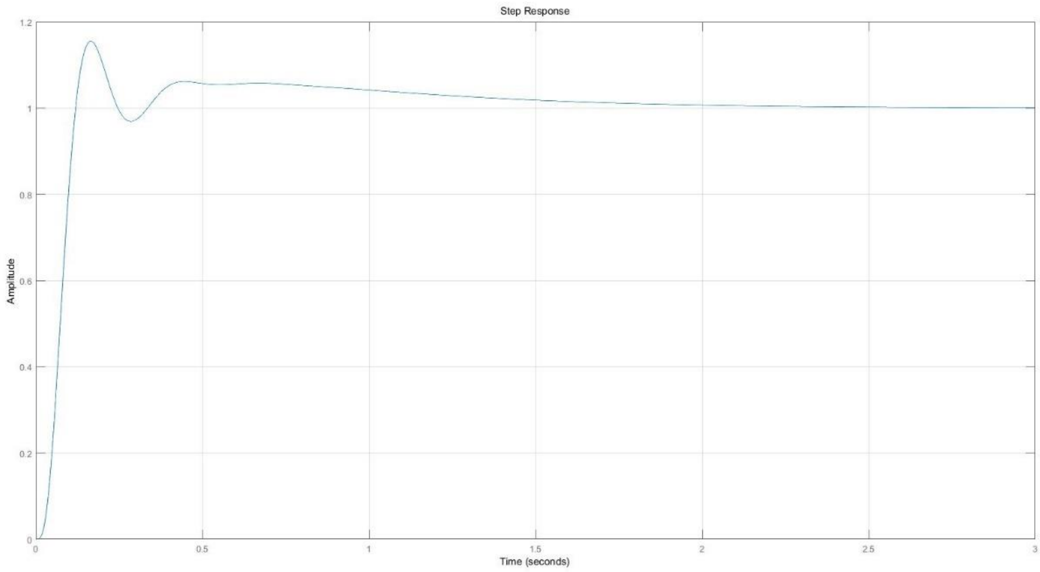
200(0.2s+1)/s(0.1s+1)(0.01s+1)(0.02s+1)^2

再进行迟后校正环节,得 β=20,取 τ=0.6,得迟后环节(0.6s+1)/(12s+1). 此时系统为

200(0.2s+1)(0.6s+1)/s(0.1s+1)(0.01s+1)(0.02s+1)^2(12s+1)

剪切频率为 ω_c =16rad/s,相角裕度 γ=54.42°,满足需求.





三、 期望频率法校正设计步骤

要求系统的性能指标为单位阶跃系统的调整时间 $t_s<0.7$sec,单位阶跃响应超调量 $\sigma_p\leqslant 30\%$. 由经验公式 $\sigma_p=0.16+0.4*(1/\sin\gamma-1)$, $ts=\pi/\omega_c*(2+1.5*(1/\sin\gamma-1)+2.5*(1/\sin\gamma-1)^2)$ 得, $\gamma\geqslant 47.79°$, $\omega_c\geqslant 12.7$rad/s, $h\geqslant 6.7$, $\omega_2\leqslant 3.4$rad/s, $\omega_3\geqslant 22.6$rad/s.

设计中频段特性,取 $\omega_c=16$rad/s, $\omega_2=1.6$rad/s, $\omega_3=50$rad/s,此时 h=31.25.

下面求低频段与中频段过渡段下限频率 ω_1, $20(\lg 200-\lg\omega_c-\lg\omega_c/\omega_1+\lg\omega_c/\omega_2)=0$,得 $\omega_1=0.128$.

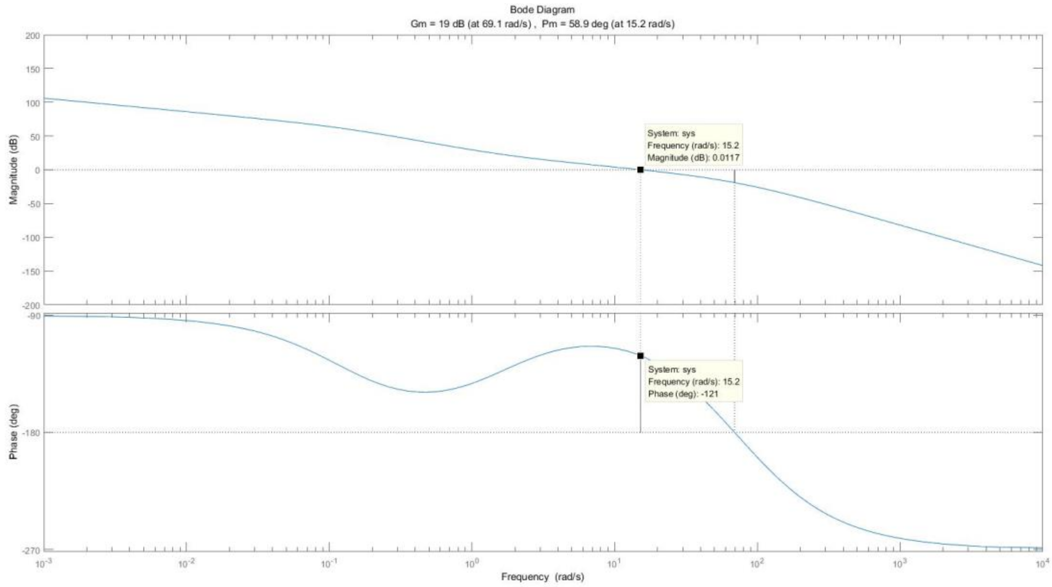
确定高频段与中频段间的过渡特性使校正装置尽可能简单,取 $\omega_4=100$.

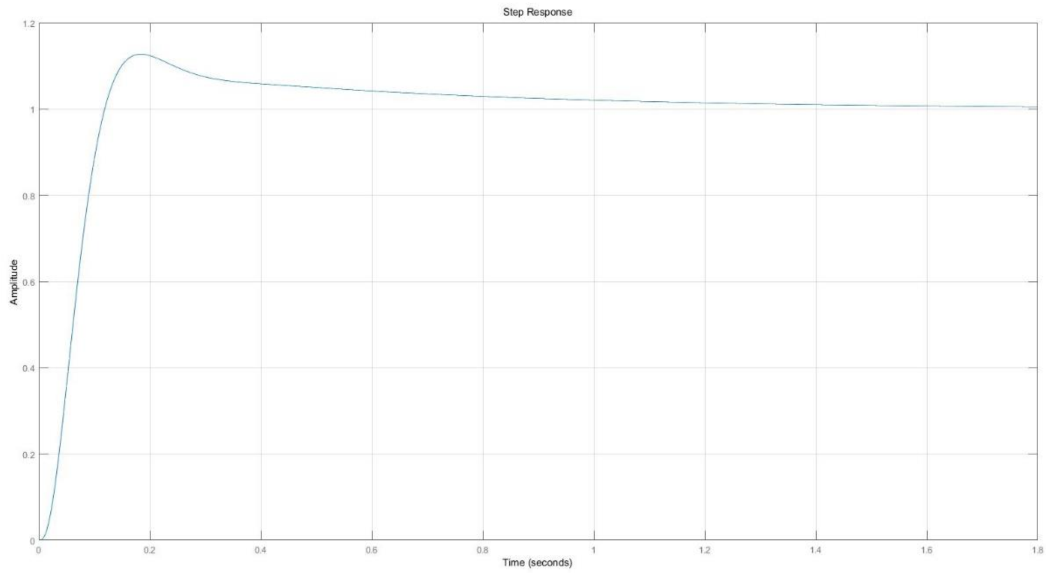
则期望特性系统为

200(s/1.6+1)/s(s/0.128+1)(s/50+1)(s/100+1)

剪切频率为 $\omega_c=15.2$rad/s,相角裕度 $\gamma=58.92°$,满足需求.

对应校正装置传递函数为
(s/1.6+1) (s/10+1)/(s/0.128+1)





四、 校正后系统的时域指标和频率性能

1.迟后环节优先的迟后-超前校正设计
迟后环节(1.2s+1)/(23s+1), 超前环节(0.19s+1)/(0.02s+1)
200(1.2s+1)(0.19s+1)/s(0.1s+1)(0.01s+1)(0.02s+1)(23s+1)(0.02s+1)
剪切频率为 ωc =15.88rad/s,相角裕度 γ=56.75°.

```
     RiseTime: 0.0730
 SettlingTime: NaN
  SettlingMin: 0.9062
  SettlingMax: 1.1139
    Overshoot: 11.3897
   Undershoot: 0
         Peak: 1.1139
     PeakTime: 0.1639
```

2.超前环节优先的迟后-超前校正设计 1

超前环节(0.1677s+1)/(0.0233s+1)， 迟后环节(0.6s+1)/(10s+1)

200 (0.1677s+1)(0.6s+1)/s(0.1s+1)(0.01s+1)(0.02s+1)(0.0233s+1)(10s+1)

剪切频率为 ωc =16.12rad/s,相角裕度 γ=48.35° .

```
     RiseTime: 0.0688
 SettlingTime: 1.2717
  SettlingMin: 0.9013
  SettlingMax: 1.2329
    Overshoot: 23.2919
   Undershoot: 0
         Peak: 1.2329
     PeakTime: 0.1710
```

3.超前环节优先的迟后-超前校正设计 2

超前环节(0.2s+1)/(0.02s+1)， 迟后环节(0.6s+1)/(12s+1)

200(0.2s+1)(0.6s+1)/s(0.1s+1)(0.01s+1)(0.02s+1)2(12s+1)

剪切频率为 ωc =16rad/s,相角裕度 γ=54.42°

```
     RiseTime: 0.0706
 SettlingTime: 1.4515
  SettlingMin: 0.9038
  SettlingMax: 1.1550
    Overshoot: 15.5005
   Undershoot: 0
         Peak: 1.1550
     PeakTime: 0.1649
```

4.期望频率法校正设计

校正装置传递函数为(s/1.6+1) (s/10+1)/(s/0.128+1)

200(s/1.6+1)/s(s/0.128+1)(s/50+1)(s/100+1)

剪切频率为 ωc =15.2rad/s,相角裕度 γ=58.92°

```
    RiseTime: 0.0760
SettlingTime: 1.0168
 SettlingMin: 0.9025
 SettlingMax: 1.1272
   Overshoot: 12.7207
  Undershoot: 0
        Peak: 1.1272
    PeakTime: 0.1850
```