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	：李鸣航
学　　　号	：190320229
班　　　级	：自动化2班
撰 写 日 期	：2022.5.8

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

此部分需要对原始系统搭建 Simulink 文件，给出阶跃响应曲线，从阶跃响应曲线上计算系统的超调、调整时间。

画出未校正系统的 Bode 图，从 Bode 图上读取系统的频域性能指标，比如剪切频率、相角裕度。

根据这些数据检验时频性能指标转换的经验公式的准确程度。

二、 迟后-超前校正设计步骤

给出详细的设计过程，配以适当的 Bode 图。

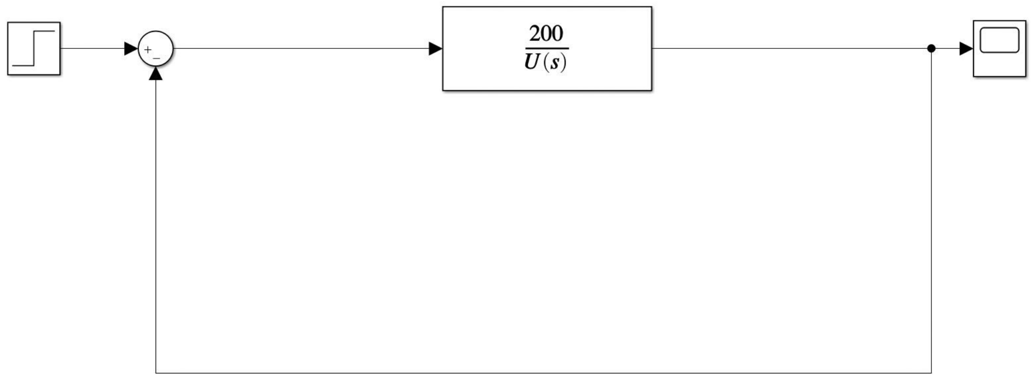
三、 期望频率法校正设计步骤

给出详细的设计过程，配以适当的 Bode 图。

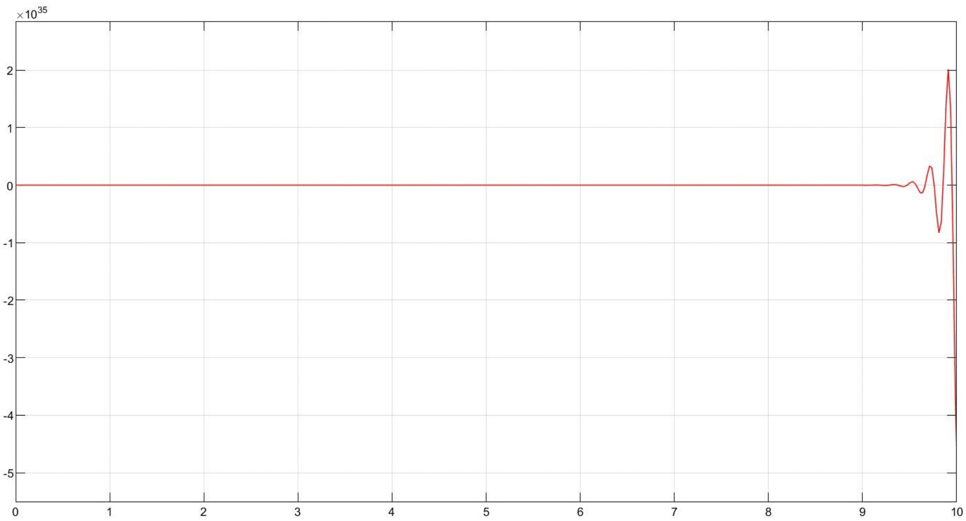
四、 校正后系统的时域指标和频率性能

一、未校正系统的时域指标和频率性能

原始系统的Simulink仿真：

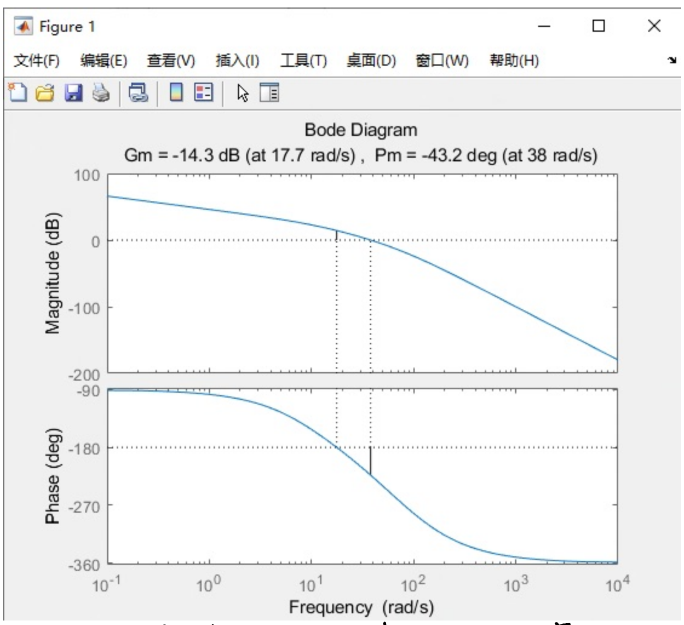


阶跃响应曲线：



由图得系统发散，无法计算超调和调节时间.

未校正系统的Bode图：



由图得，此时剪切频率为 $38\ rad\cdot s^{-1}$，相角裕度为 -43.2度.

因没有超调及调节时间数据，无法计算公式准确性

二、迟后-超前校正设计步骤

方法一、先超前，再迟后.

要求有：$\begin{cases} \omega_c \geq 12.71\ rad\cdot s^{-1} \\ \gamma \geq 47.73^\circ \end{cases}$　　取 $\omega_c = 14\ rad\cdot s^{-1}$

$\gamma_0 = 9.06^\circ < 47.8^\circ$

则 $\varphi_m = \gamma - \gamma_{14} + \Delta = 50^\circ$

$\alpha = \frac{1+\sin\varphi_m}{1-\sin\varphi_m} = 7.549$.　$T = \frac{1}{\omega_m\sqrt{\alpha}} = 0.026$.　$\tau = \alpha T = 0.196$

故 $G_a(s) = \frac{0.196s+1}{0.026s+1}$

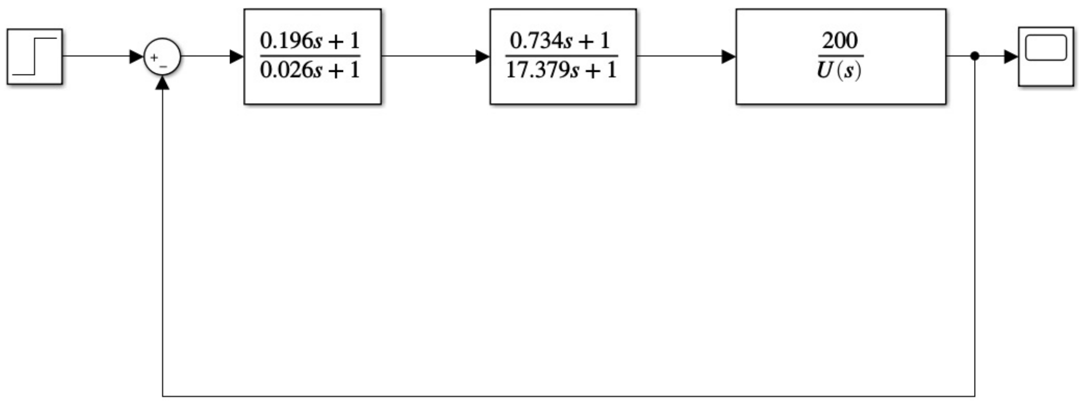
又 $20\lg\beta = L(4)$，解得 $\beta = 24.34$

取 $\frac{1}{\tau} = \frac{\omega_c}{10}$ ⇒ $\tau = 0.734$

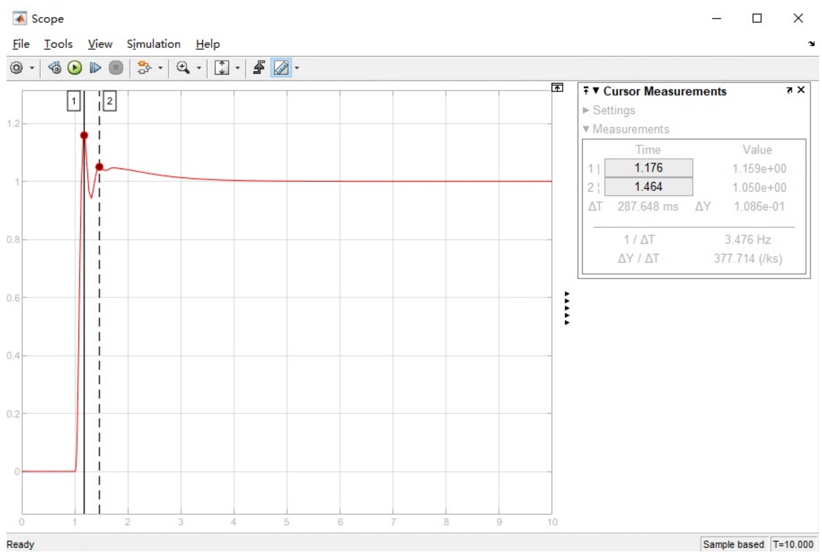
故 $G_c(s) = \frac{0.734s+1}{17.379s+1}$

$$\Rightarrow G(s) = \frac{200}{s(0.1s+1)(0.02s+1)(0.01s+1)} \times \frac{0.196s+1}{0.026s+1} \times \frac{0.734s+1}{17.739s+1}$$

Simulink仿真图如下：

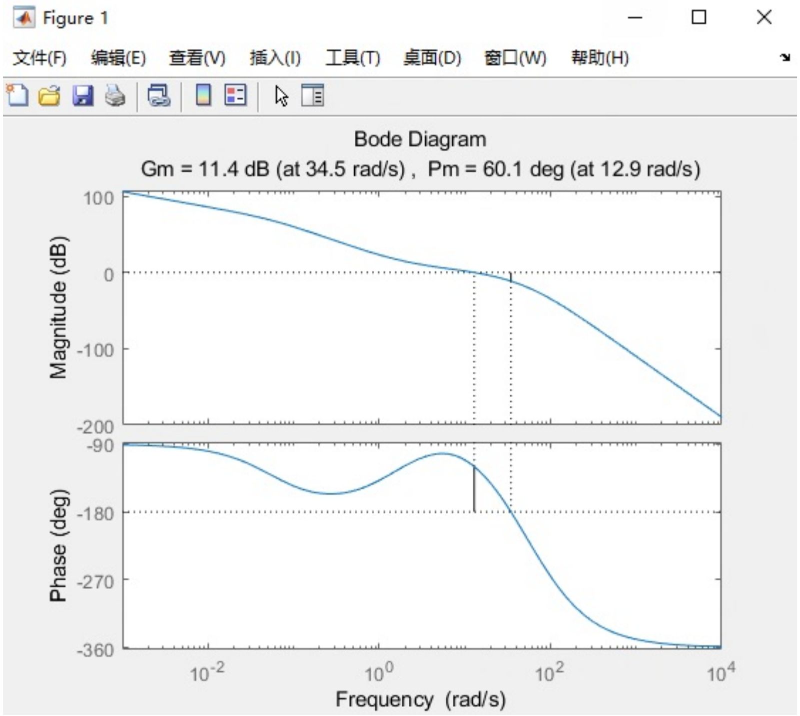


仿真阶跃响应为：



由图得，此时超调量为15.9%，调节时间为0.464s

系统Bode图为：



由图得，此时系统剪切频率为12.9rad·s⁻¹，相角裕度为60.1度。

方法二. 先迟后再超前.

$k=200\,s^{-1}$，$\sigma_p \leq 30\%$ 由经验公式：

有：$M_r \leq 1.35 \Rightarrow \gamma \geq 47.73^\circ$

又 $t_s=\frac{\pi}{\omega_c}[2+1.5(M_r-1)+2.5(M_r-1)^2] \leq 0.7$

$\Rightarrow \omega_c \geq 12.71\,rad\cdot s^{-1}$

取 $\omega_c=11\,rad\cdot s^{-1}$，由迟后校正，有：$20\lg|G(j\omega_c)|=20\lg\beta$.

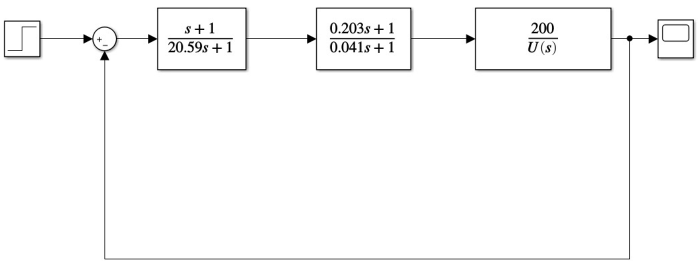
由matlab得 $L(12)=24.37\,dB \Rightarrow \beta=20.59$

故 $G_c(s)=\frac{s+1}{20.59s+1}$，

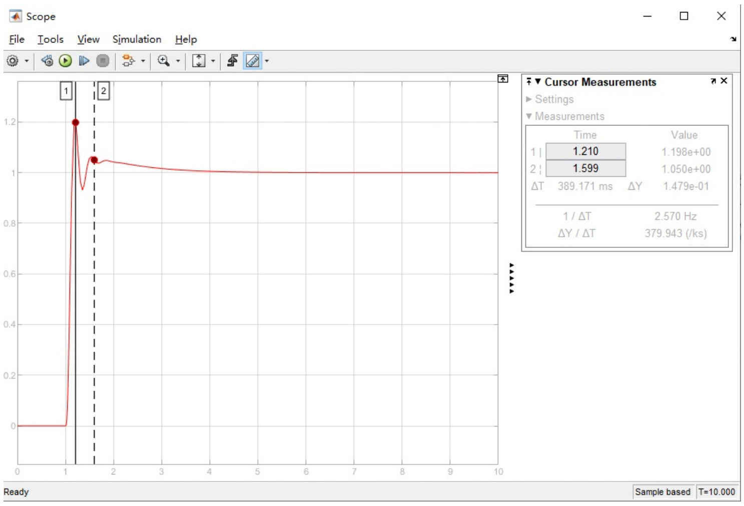
取 $\varphi_m=47.73^\circ-18.69^\circ+\Delta=40^\circ$. 故有 $\alpha=\frac{\sin\varphi_m+1}{1-\sin\varphi_m}=4.602$ 取 $\alpha=5$

$$G(s)=\frac{200}{s(0.1s+1)(0.02s+1)(0.01s+1)}\cdot\frac{s+1}{20.59s+1}\cdot\frac{0.203s+1}{0.041s+1}$$

仿真图：

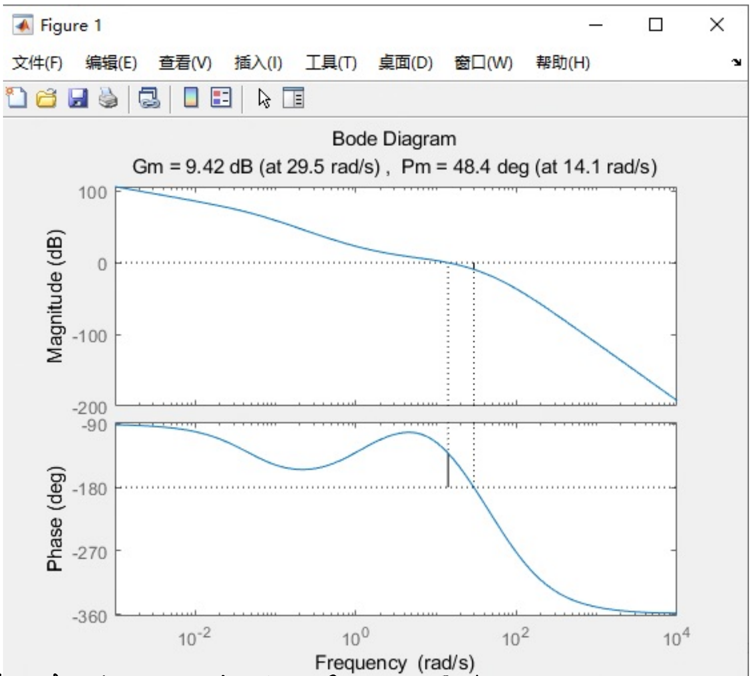


阶跃响应:



由图得：此时超调量为19.8%，调节时间为0.599s

Bode图:



此时系统剪切频率为14.1 $rad\cdot s^{-1}$，相角裕度为48.4deg.

方法三. 降增益到10.

$$G(s)=\frac{10}{s(0.1s+1)(0.025s+1)(0.01s+1)}$$

取 $\omega_c = 15\ rad\cdot s^{-1}$

$\gamma = 8.6^\circ$

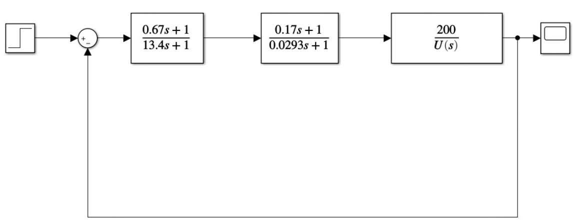
$-10\lg\alpha = 20\lg|G(j15)| \Rightarrow \alpha = 5.166$

$\varphi_m = \arcsin\frac{\alpha-1}{\alpha+1} = 42.49^\circ \Rightarrow T=\frac{1}{\omega_m\sqrt{\alpha}} = 0.0293$

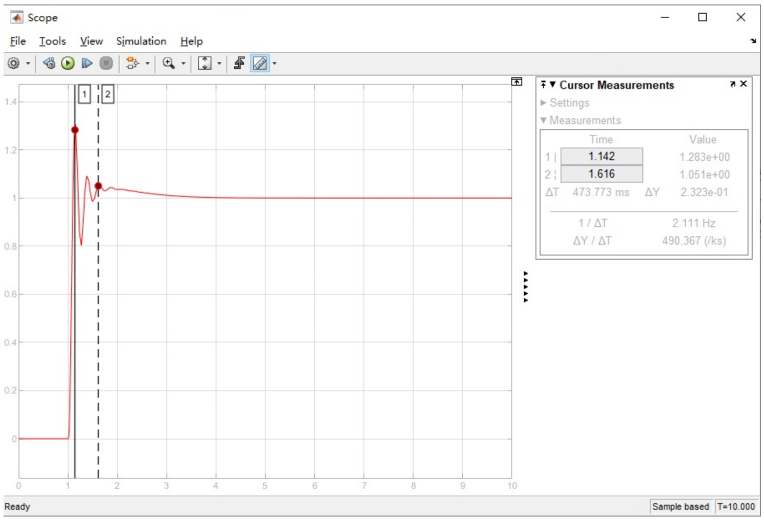
取滞后环节 $20\cdot\frac{\tau s+1}{20\tau s+1}$. $\frac{1}{\tau}=\frac{\omega_c}{10} \Rightarrow \tau=0.67$

则 $G_{c2}(s) = 20\times\frac{0.67s+1}{13.4s+1}$ $G_{c1}(s)=\frac{0.17s+1}{0.0293s+1}$

仿真图:

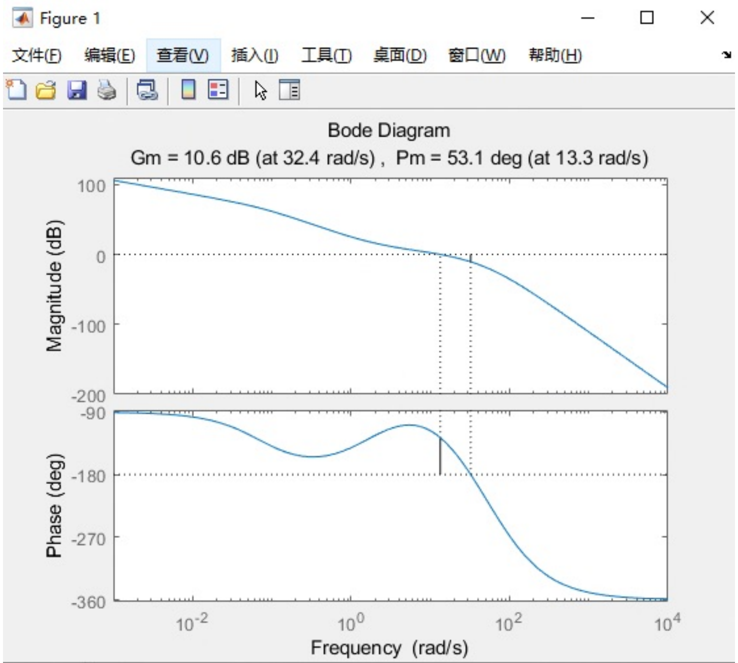


阶跃响应:



由图得，系统超调量 28.3%，调节时间 0.616s

Bode 图:



三、期望频率法

$k=200$. 低频段 $G_1(s)=\frac{200}{s}$

$$\begin{cases} M_r \le 1.6 \\ \omega_c \ge 12.71\,rad\cdot s^{-1} \\ \gamma \ge 47.73^\circ \end{cases}$$

取 $\omega_c=14\,rad\cdot s^{-1}$

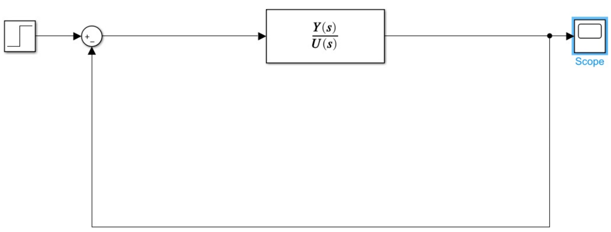
$\omega_2 \le \omega_c\cdot\frac{M_r-1}{M_r}=5.25\,rad\cdot s^{-1}$ 取 $\omega_2=1.4\,rad\cdot s^{-1}$

$\omega_3 \ge \omega_c\cdot\frac{M_r+1}{M_r}=22.75\,rad\cdot s^{-1}$ 取 $\omega_3=50\,rad\cdot s^{-1}$

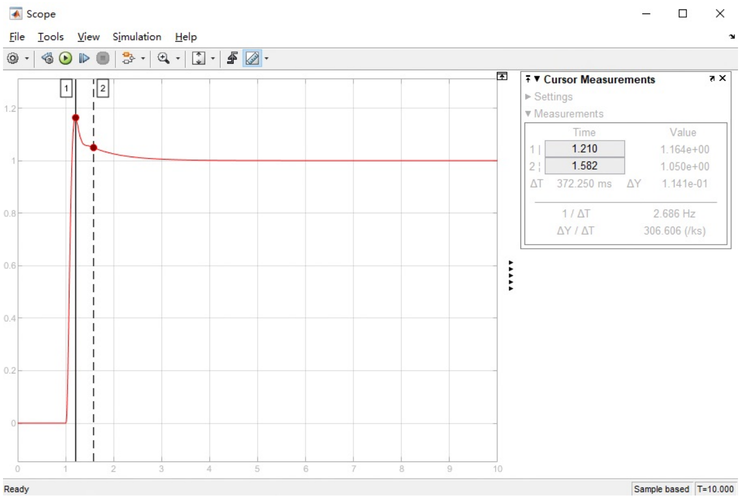
则 $20\lg 200-\lg\omega_c-\lg\frac{\omega_c}{\omega_1}+\lg\frac{\omega_c}{5}=0 \Rightarrow \omega_1=0.098\,rad\cdot s^{-1}$

故 $G_1(s)=\dfrac{200\left(\frac{s}{1.4}+1\right)}{s\left(\frac{s}{0.098}+1\right)\left(\frac{s}{50}+1\right)\left(\frac{s}{100}+1\right)\left(\frac{s}{100}+1\right)}$

仿真图:

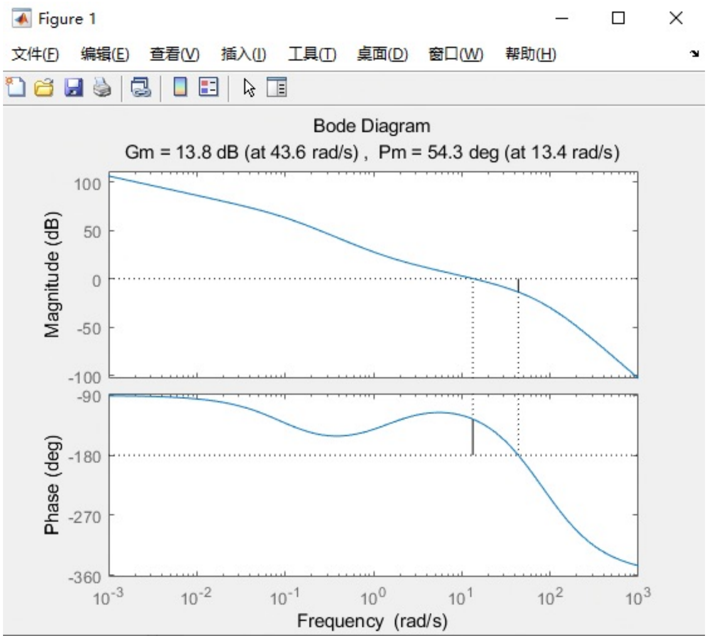


阶跃响应：



由图得，超调量16.4%，调节时间0.582s

Bode图：



由图得，剪切频率13.4 rad·s^{-1}，相位裕度54.3deg.