

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 : 朱方程

学 号 : SZ170410221

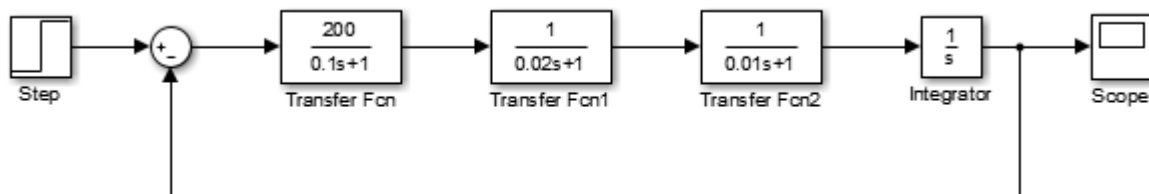
班 级 : SZ1703202

撰 写 日 期 : 2020. 6. 29

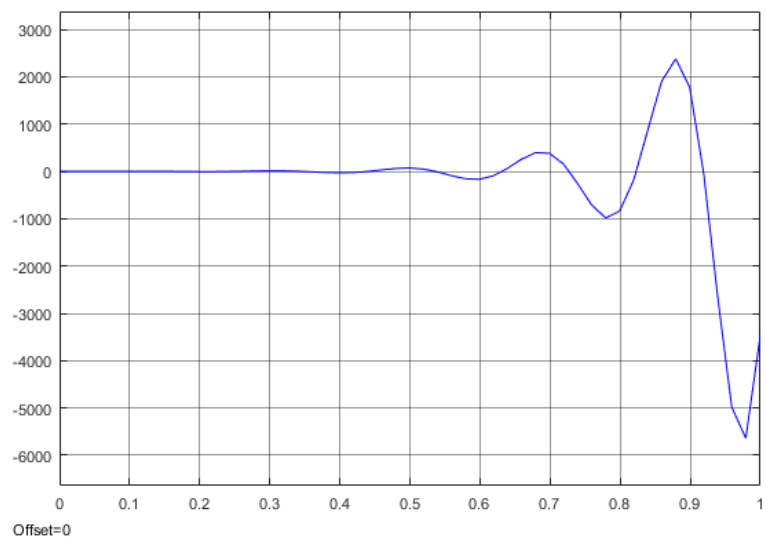
哈尔滨工业大学（深圳）

一、 未校正系统的时域指标和频率性能

Simulink 仿真

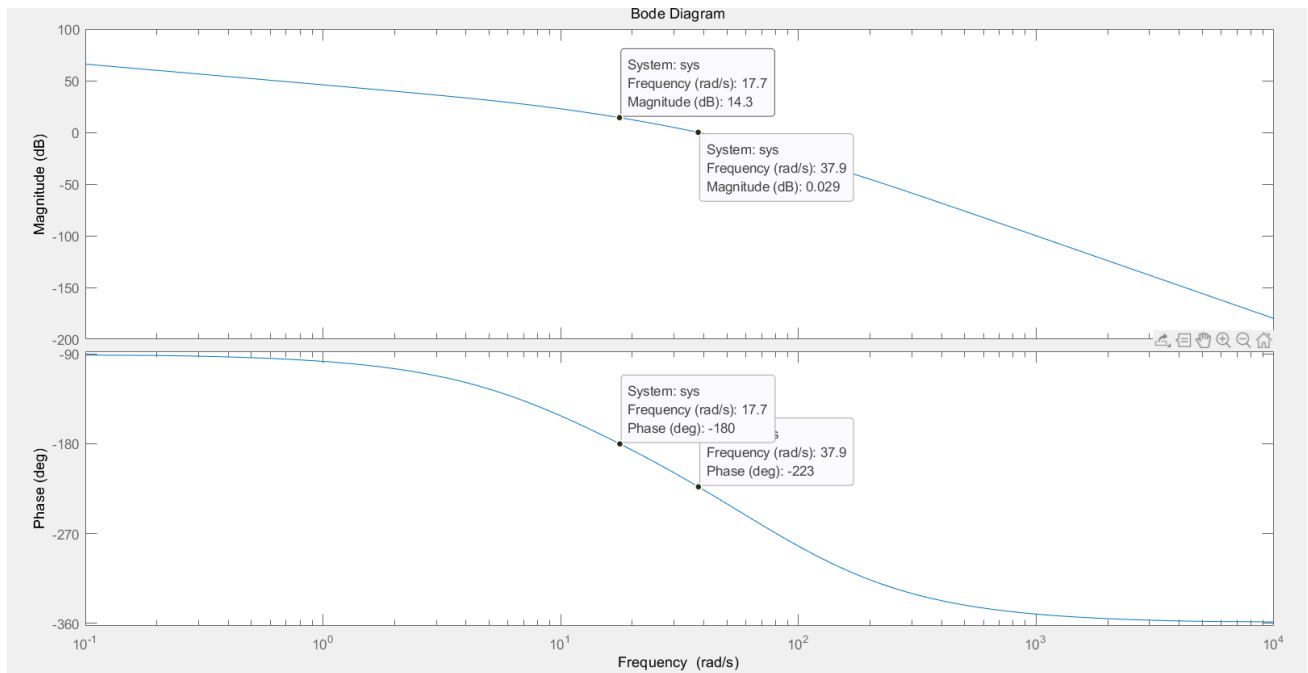


阶跃响应曲线为



由阶跃响应可以看出，该闭环系统不稳定，响应是发散的。

调节时间和超调均无意义，因系统不稳定。



剪切频率 37.9 rad/s，相角裕度为 -43°

穿越频率为 17.7 rad/s，对数的幅值裕度为 -14.3 dB

二、 迟后-超前校正设计步骤

根据高阶系统单位阶跃响应超调量与相角裕度的关系

$$\sigma_p = 0.16 + 0.4\left(\frac{1}{\sin \gamma} - 1\right) \leq 30\%$$

$$\gamma \geq 47.8^\circ$$

根据高阶系统单位阶跃响应调节时间与剪切频率的关系

$$t_s = \frac{\pi}{\omega_c} \left[2 + 1.5\left(\frac{1}{\sin \gamma} - 1\right) + 2.5\left(\frac{1}{\sin \gamma} - 1\right)^2 \right] < 0.7 \text{ sec}$$

$$\omega_c \geq 12.7 \text{ rad/s}$$

- 迟后校正环节用于压低剪切频率

$$G_c(s) = \frac{\tau s + 1}{\beta \tau s + 1}$$

- 为留有一定余量，设串联了迟后环节的系统的剪切频率 $\omega_{c1} = 6 \text{ rad/s} < 12.7 \text{ rad/s}$ ，则

$$20 \lg |G_0(j\omega_{c1})| = 20 \lg \beta$$

求出

$$\beta = \frac{200}{6\sqrt{0.1^2 \times 6^2 + 1}\sqrt{(0.02 \times 6)^2 + 1}\sqrt{(0.01 \times 6)^2 + 1}} = 28.33$$

为了让系统的相位减小尽量少, 选择 $\frac{1}{\tau} = \frac{1}{10}\omega_{c1}$, $\tau = 1.667$

- 经迟后校正的系统为

$$G_1(s) = \frac{200(1.667s + 1)}{s(0.1s + 1)(0.02s + 1)(0.01s + 1)(47.22s + 1)}$$

该系统的剪切频率为 $\omega_{c1} = 7.06 \text{ rad/s}$

相位裕度 $\gamma_1 = 38.018^\circ < 47.8^\circ$

- 超前校正环节

$$G_c(s) = \frac{\alpha Ts + 1}{Ts + 1}$$

此环节可提高剪切频率至略大于目标剪切频率, 同时提高相位裕度

为留有一定余量, 设目标剪切频率 $\omega_{c2} = 14 \text{ rad/s}$

由于

$$20 \lg |G_1(\omega_{c2})| = -10 \lg \alpha$$

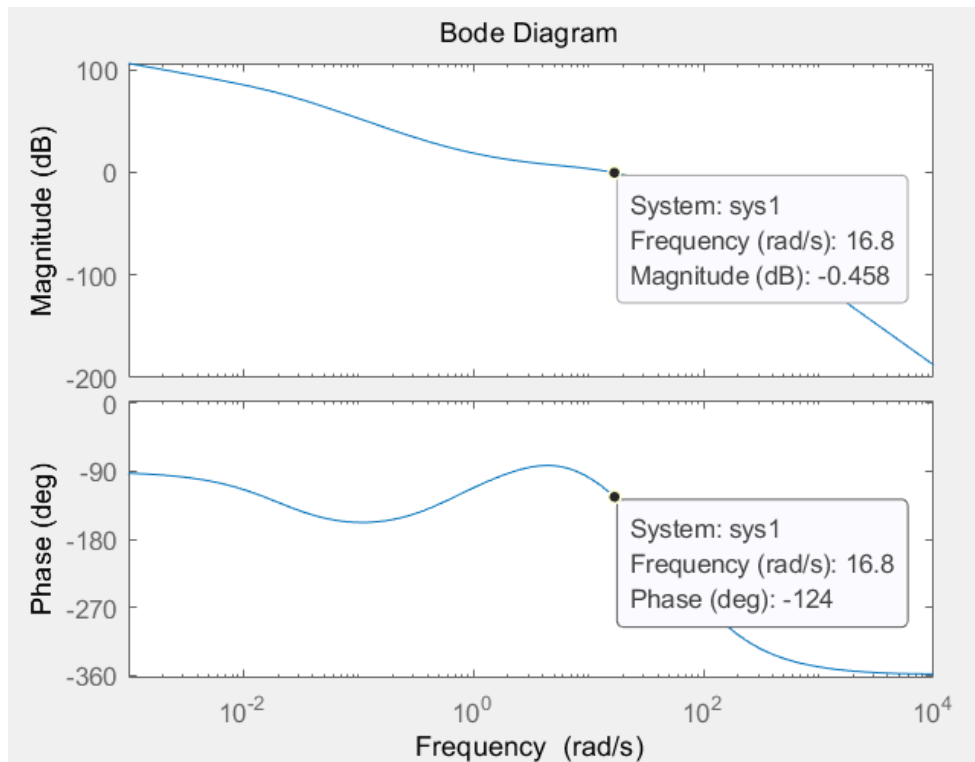
$$\text{求出 } \alpha = \left(\frac{14^3 \times 0.1 \times 47.22}{200 \times 1.667 \times 14} \right)^2 = 7.706$$

超前环节可提供的相角为 $\varphi_m = \arcsin \frac{\alpha - 1}{\alpha + 1} = 50.378^\circ > 47.8^\circ - \gamma_1 + \Delta$

$$\text{时间常数 } T = \frac{1}{\omega_{c2} \sqrt{\alpha}} = 0.0257$$

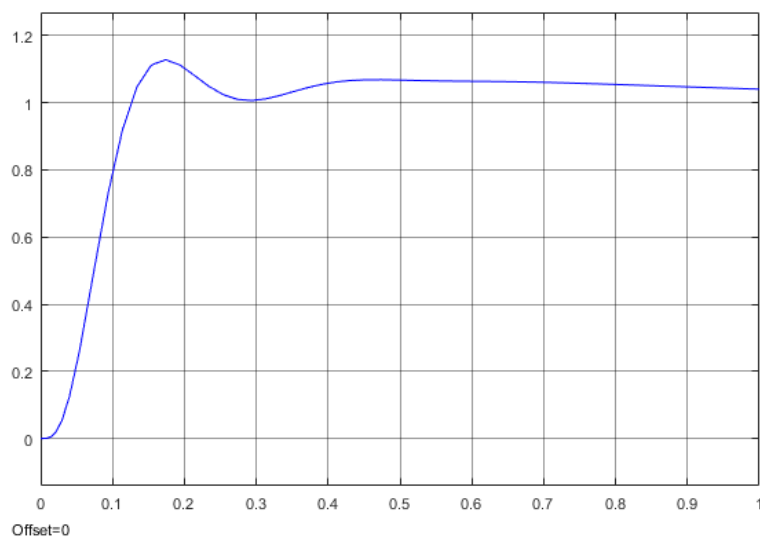
- **检验**, 经迟后-超前校正后的系统传递函数为

$$G_2(s) = \frac{200(1.667s + 1)(0.198s + 1)}{s(0.1s + 1)(0.02s + 1)(0.01s + 1)(47.22s + 1)(0.0257s + 1)}$$



剪切频率 16.8rad/s，相角裕度为 56° ，满足要求。

三、校正后系统的时域指标和频率性能



$$t_s = 0.667s < 0.7\text{sec}$$

$$\sigma_p = 13.1\% \leq 30\%。$$

剪切频率 16.8rad/s，相角裕度为 56° ，满足要求。