

仿真实验报告

控制器设计过程

拟由连续的串联超前校正环节、干扰观测器、前馈控制器组成该伺服系统的控制器。

串联超前校正设计

将被控对象标称模型写成频率法形式

$$P_n(s) = \frac{35}{s(0.2s + 1)} \quad (1)$$

$$\text{幅频特性: } |G_0(j\omega)| = \frac{35}{\omega\sqrt{1 + 0.2^2\omega^2}} \quad (2)$$

$$\text{相频特性: } \angle G_0(j\omega) = -90^\circ - \arctan 0.2\omega \quad (3)$$

因被控对象的标称模型带宽较窄，仅为 12.7rad/s ，而要求的系统开环频率特性的剪切频率为 25Hz ，即 $\omega_c = 2\pi f = 157.08\text{rad/s}$ ，则可采用串联超前校正来提升开环幅频特性，从而提高剪切频率，扩展带宽。

因目标剪切频率与被控对象剪切频率相差较大，一个超前校正环节难以达到目的，故采用两个串联超前环节，分别补偿15度和30度相角，以减小对高频增益的提升。

设两个串联超前环节的传递函数为

$$C_1 = \frac{\alpha_1 T_1 s + 1}{T_1 s + 1} \quad (4)$$

$$C_2 = \frac{\alpha_2 T_2 s + 1}{T_2 s + 1}$$

由相角裕度及剪切频率的要求，得到

$$\begin{aligned} \frac{\alpha_1 - 1}{\alpha_1 + 1} &= \sin 30^\circ, \frac{\alpha_2 - 1}{\alpha_2 + 1} = \sin 15^\circ \\ \frac{1}{\sqrt{\alpha_1} T_1} &= 50\pi, \frac{1}{\sqrt{\alpha_2} T_2} = 50\pi \end{aligned} \quad (5)$$

解出超前校正控制器为

$$C_1 = \frac{0.0110s + 1}{0.0037s + 1} \quad (6)$$

$$C_2 = \frac{0.0083s + 1}{0.0049s + 1}$$

$$K_c = 63$$

考虑到被控对象的影响，要保证开环频率特性在 $157.08\text{rad/s} = 25\text{Hz}$ 穿越0dB线，则应提高增益63，验证如下

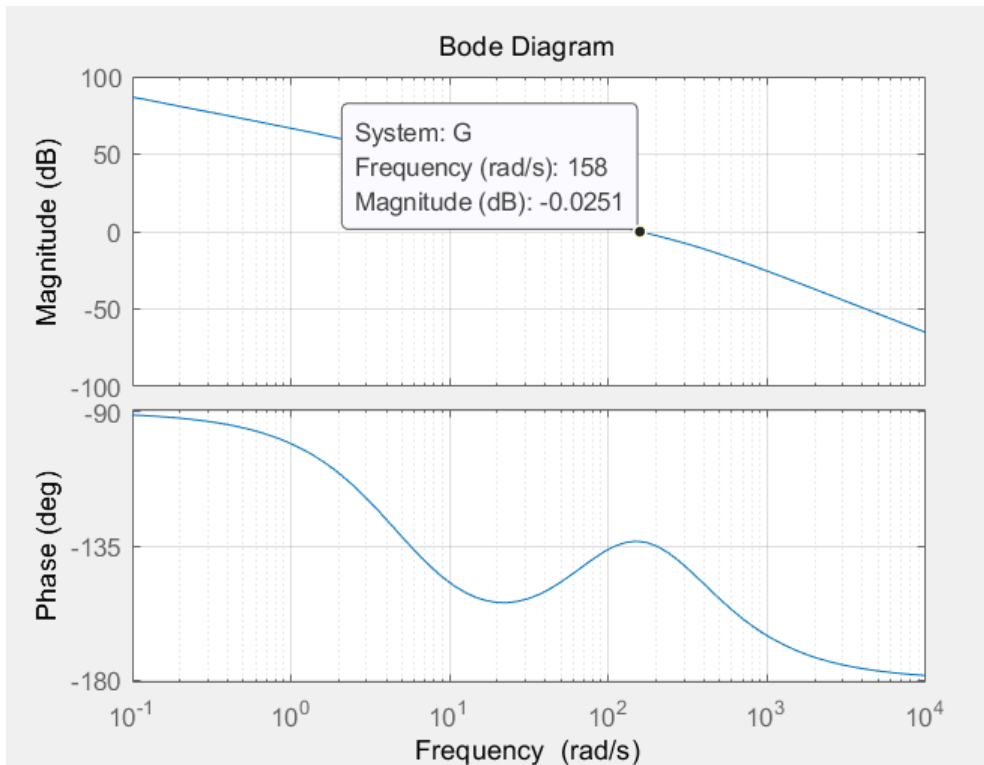
开环频率特性为

$$G = K_c C_1 C_2 P_n \quad (7)$$

```

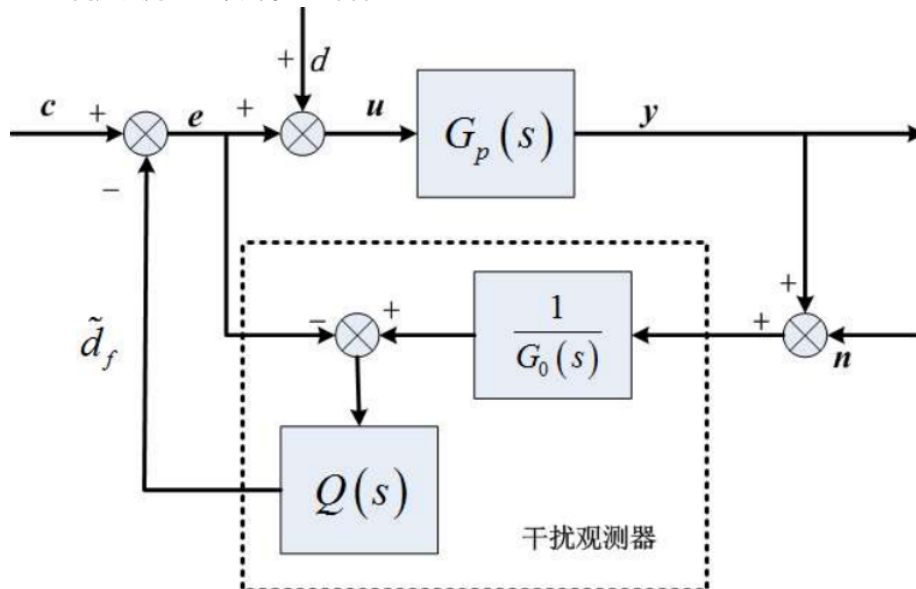
1 num=63*conv(conv([0.011 1],[0.0083 1]),[35]);
2 den=conv(conv(conv([0.0037 1],[0.0049 1]),[1 0]),[0.2 1]);
3 G=tf(num,den);
4 bode(G)
5 grid

```

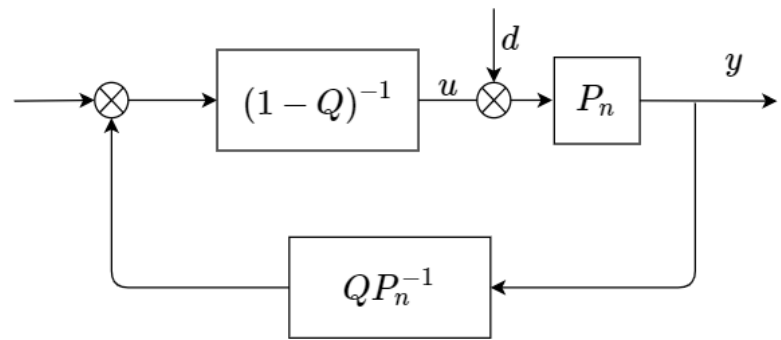


干扰观测器

干扰观测器的设计参考课件



在本例中，被控对象 $G_p(s) = P_n(s)$ ，则干扰观测器控制部分可以等效为



其中

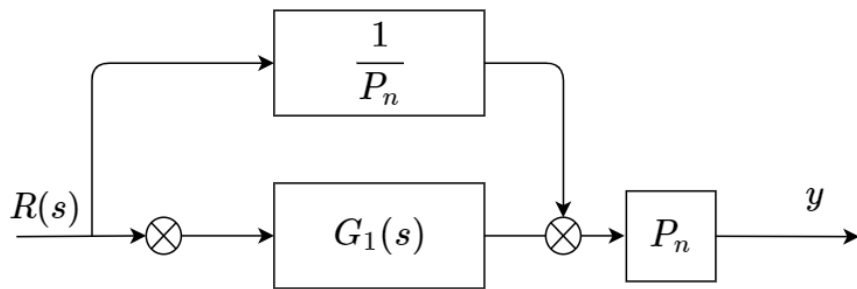
$$Q = \frac{0.00075s + 1}{(0.0015s + 1)^3} \quad (8)$$

$$P_n(s) = \frac{35}{s(0.2s + 1)}$$

前馈控制器

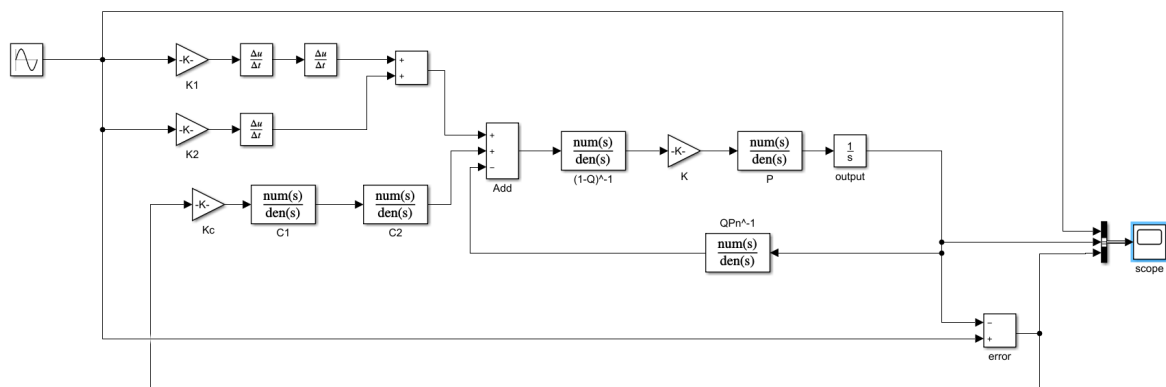
参考课件“第三章 控制系统的输入条件分析 (2)”中的 复合控制

得到前馈控制器如下

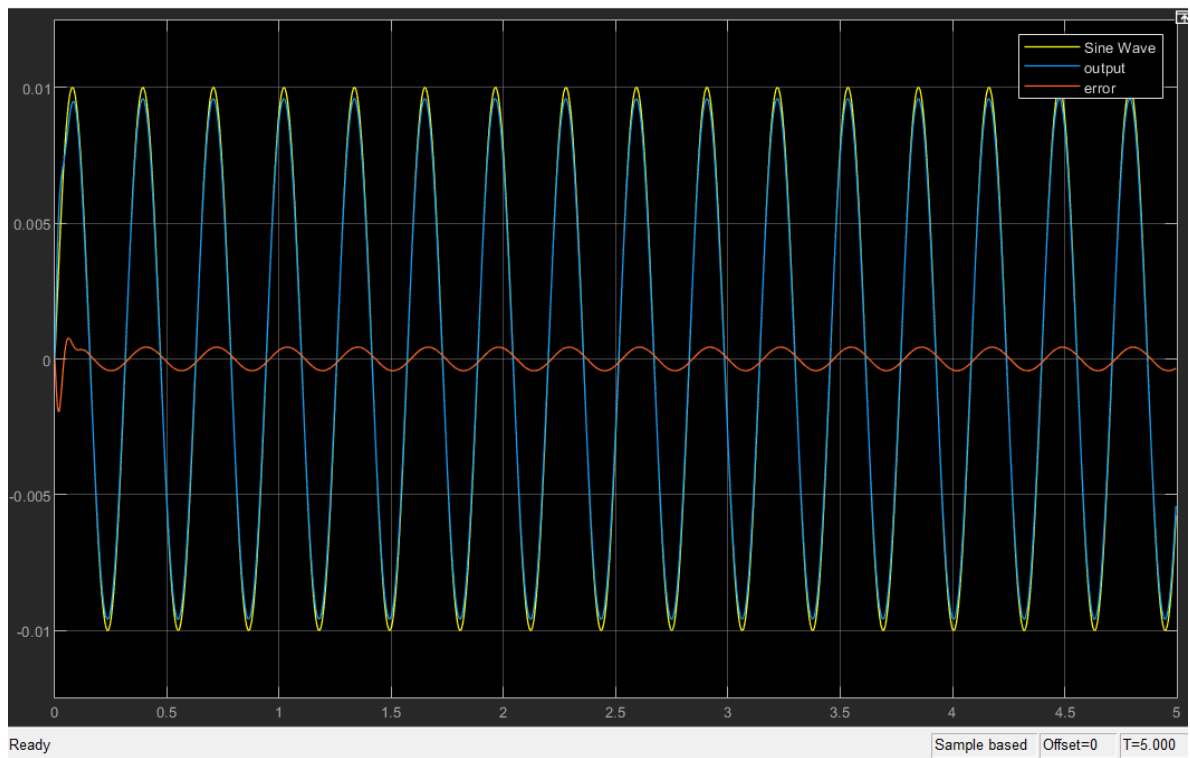


Simulink控制器仿真模型

- 下图为未加入噪声及摩擦力矩的系统仿真。

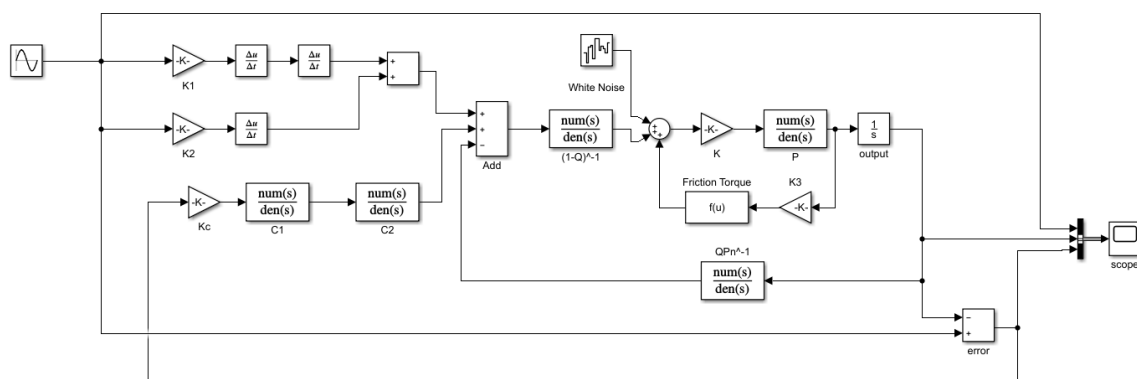


结果

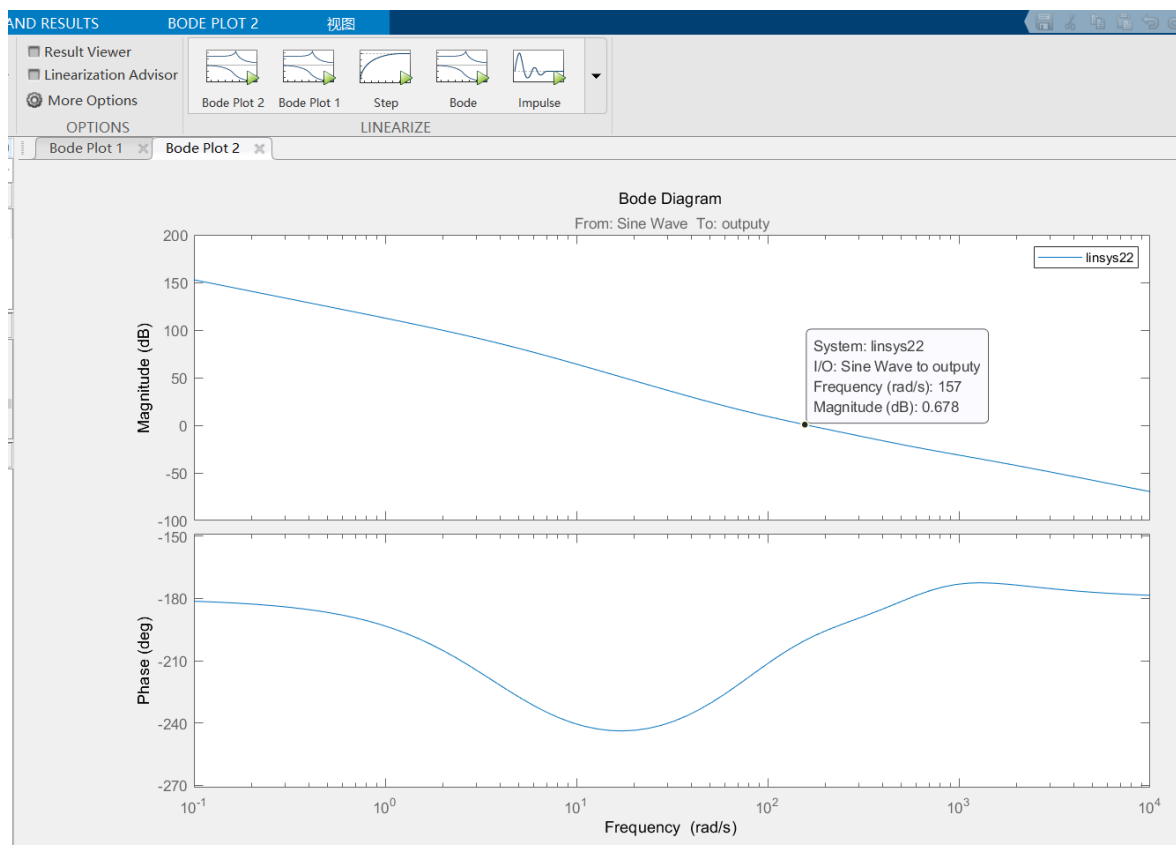


观察得知，时域的**误差很小**，说明该系统有较好的跟踪性能。

- 反馈环节加上量化噪声，对象输入处包含摩擦力矩(注意角速度单位为 rad/s ，要转化为 $^{\circ}/s$ ，与所给摩擦力矩的描述公式匹配)。

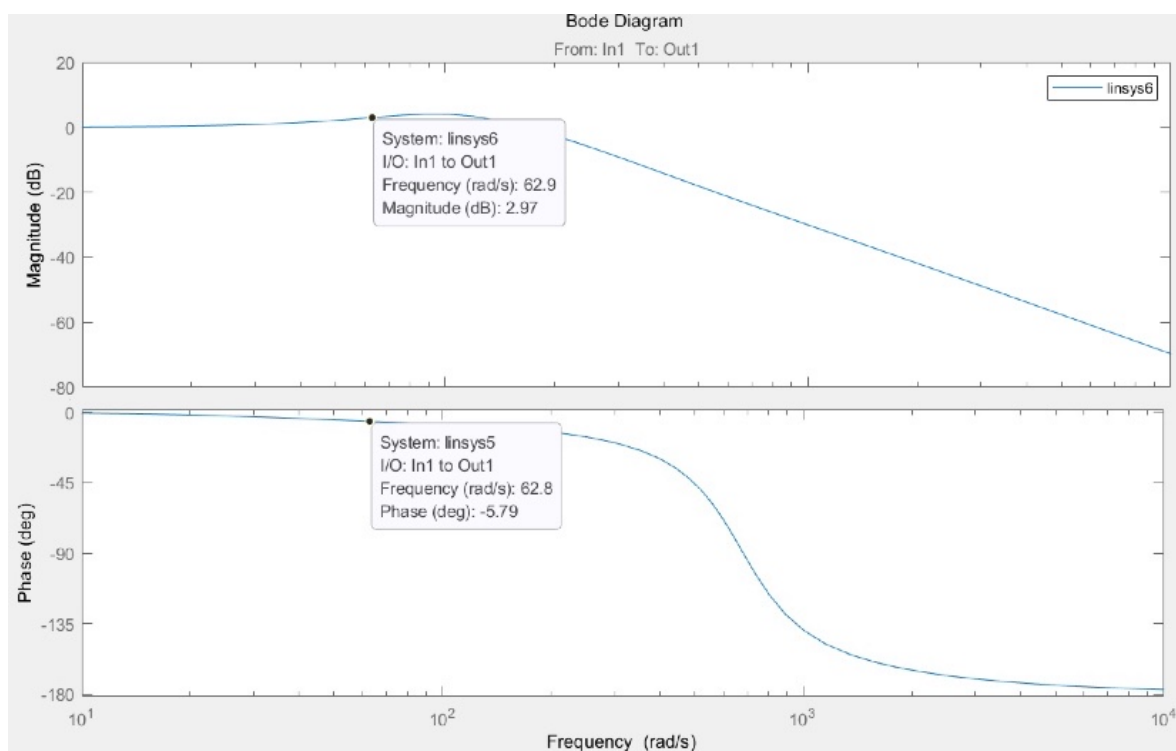


开环特性



由Bode图可知，开环对数频率响应在约 25Hz 处穿过0dB 线，符合要求。

闭环频响



可知在10Hz处，相角偏移不超过 10° ，幅值偏移不超过10%，满足双十指标。