



位置随动系统

系统简介

位置随动系统



雷达跟踪



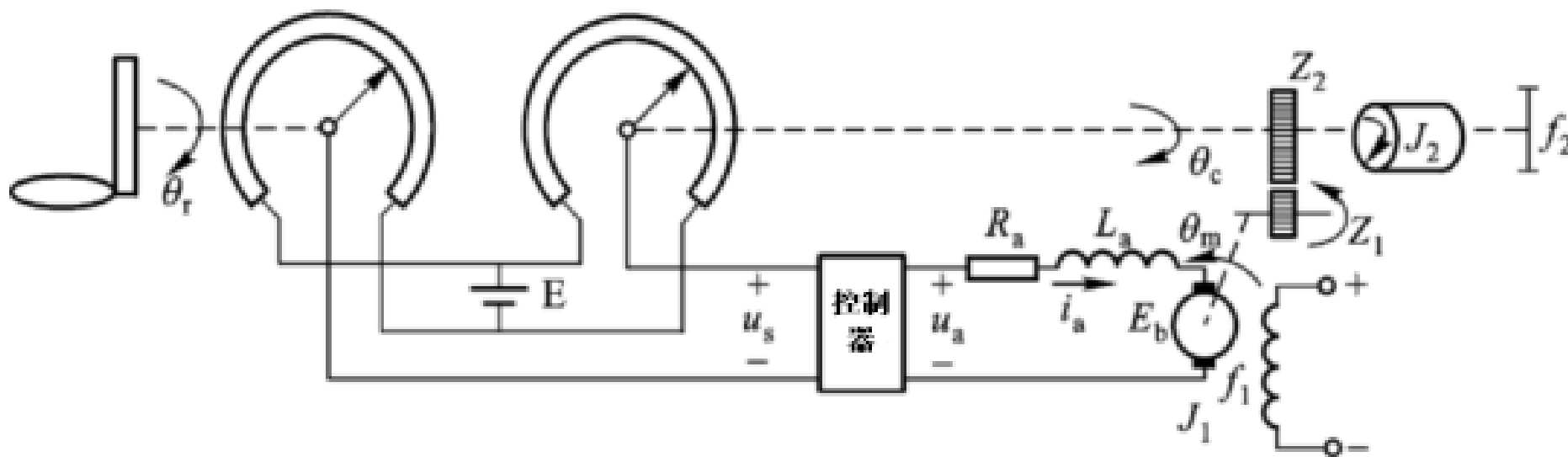
数控机床



火炮瞄准

• 随动控制系统指的是设定值不断变化的控制系统，且设定值的变化事先是不知道的，要求系统的输出（被控变量）随设定值变化。

项目介绍



工程应用中，电枢电路电感 L_a 较小，通常忽略不计，同时忽略负载扰动转矩。参数设置： $E = 30\text{V}$ ，最大电位器角度 330° （输入与输出电位器最大电位器角度相同）， $R_a = 0.1\Omega$ ，电动机转矩系数 $C_m = 0.0003 \text{ N}\cdot\text{m/A}$ ，电动机转动惯量 $J_1 = 0.003 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ，电动机和负载折合成到电动机轴上的粘性摩擦系数 $f_1 = 0.0006 \text{ N}\cdot\text{m/rad/s}$ ，反电势系数 $K_b = 0.8 \text{ V/rad/s}$ ， $z_1 = z_2$ ，即一级齿轮和二级齿轮规格相同。



第一周
机理建模



系统基本元件

1

电位器

2

电动机

3

测速发电

4

齿轮系

电位器

电位器 电位器是一种把线位移或角位移变换为电压量的装置。在控制系统中,单个电位器用作为信号变换装置,如图 2-10(a)所示;一对电位器可组成误差检测器,如图 2-10(b)所示。

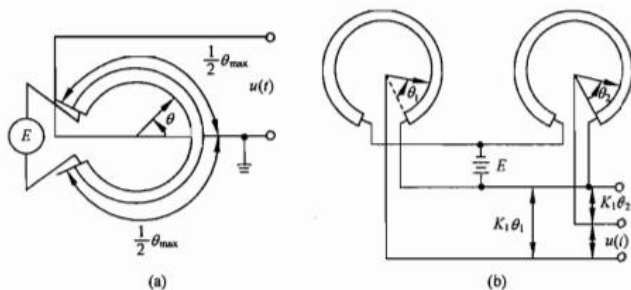
空载时,单个电位器的电刷角位移 $\theta(t)$ 与输出电压 $u(t)$ 的关系曲线如图 2-10(c)所示。图中阶梯形状是由绕线线径产生的误差,理论分析时可用直线近似。由图可得输出电压为

$$u(t) = K_1 \theta(t) \quad (2-43)$$

式中 $K_1 = E/\theta_{\max}$, 是电刷单位角位移对应的输出电压,称电位器传递系数,其中 E 是电位器电源电压, θ_{\max} 是电位器最大工作角。对式 (2-43) 求拉氏变换,并令 $U(s) = \mathcal{L}[u(t)]$, $\Theta(s) = \mathcal{L}[\theta(t)]$, 可求得电位器传递函数为

$$G(s) = \frac{U(s)}{\Theta(s)} = K_1 \quad (2-44)$$

式 (2-44) 表明, 电位器的传递函数是一个常值, 它取决于电源电压 E 和电位器最大工作角度 θ_{\max} 。电位器可用图 2-10(d) 的方框图表示。



$$u(t) = u_1(t) - u_2(t) = K_1[\theta_1(t) - \theta_2(t)] = K_1\theta(t)$$

$$G(S) = \frac{U(s)}{\theta(S)} = K_1$$

$$K_1 = \frac{E}{\theta_{\max}} = 0.0909$$

测速发电机

测速发电机 测速发电机是用于测量角速度并将它转换成电压量的装置。在控制系统中常用的有直流和交流测速发电机,如图 2-12 所示。图 2-12 (a)是永磁式直流测速发电机的原理线路图。测速发电机的转子与待测量的轴相连接,在电枢两端输出与转子角速度成正比的直流电压,即

$$u(t) = K_t \omega(t) = K_t \frac{d\theta(t)}{dt} \quad (2-46)$$

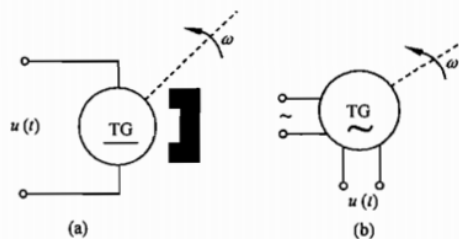
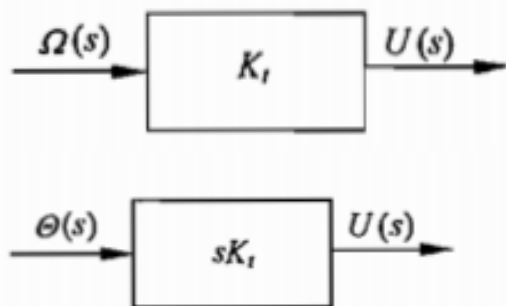


图 2-12 测速发电机示意图

$$G(S) = \frac{U(s)}{\Omega(S)} = K_i$$

假设: $K_i = 0.01$



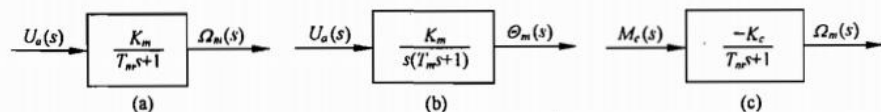
伺服电机

两相伺服电动机由互相垂直配置的两相定子线圈和一个高电阻值的转子组成。定子线圈的一相是激磁绕组,另一相是控制绕组,通常接在功率放大器的输出端,提供数值和极性可变的交流控制电压。

两相伺服电动机的转矩-速度特性曲线有负的斜率,且呈非线性。图2-15(b)是在不同控制电压 u_a 时,实验测取的一组机械特性曲线。考虑到在控制系统中,伺服电动机一般工作在零转速附近,作为线性化的一种方法,通常把低速部分的线性段延伸到高速范围,用低速直线近似代替非线性特性,如图2-15(b)中虚线所示。此外,也可用小偏差线性化方法。一般,两相伺服电动机机械特性的线性化方程可表示为

$$M_m = -C_\omega \omega_m + M_s \quad (2-49)$$

式中, M_m 是电动机输出转矩; ω_m 是电动机角速度; $C_\omega = dM_m/d\omega_m$ 是阻尼系数,即机械特性线性化的直线斜率; M_s 是堵转转矩,由图2-15(b)可求得 $M_s = C_m u_a$,其中 C_m 可用额定电压 $u_a = E$ 时的堵转转矩确定,即 $C_m = M_s/E$ 。



$$G(S) = \frac{\Omega_m(s)}{U(S)} = \frac{K_m}{T_m s + 1}$$

$$T_m = R_a J_m (R_a f_m + C_m C_e) = 1$$

$$K_m = C_m / (R_a f_m + C_m C_e) = 1$$



齿轮系

齿轮系 设齿轮系速比为 i , 则其传递函数为

$$\frac{\Omega(s)}{\Omega_m(s)} = K_i = \frac{1}{i}$$

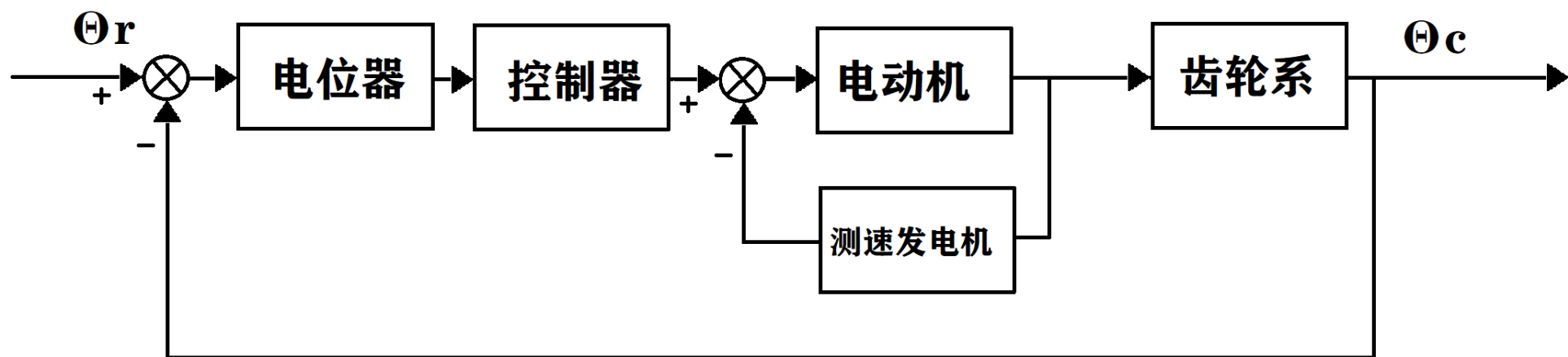
$$\frac{\Theta(s)}{\Theta_m(s)} = K_i = \frac{1}{i}$$

$$G(S) = \frac{\Omega(s)}{\Omega_m(S)} = \frac{1}{i}$$

$$G(S) = \frac{\theta(s)}{\Omega(S)} = \frac{1}{s}$$

$$i = 1$$

机理建模





第二周-第n周
控制器设计



控制器设计要求

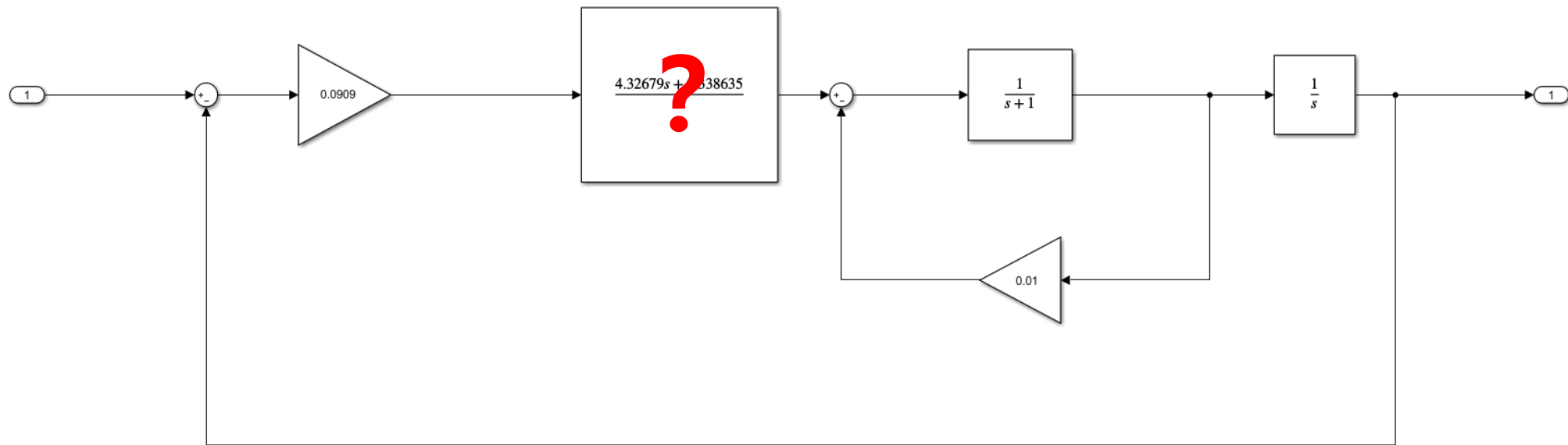
①快速跟踪

②准确定位

位置随动系统



PI控制器-SIMULINK结构图



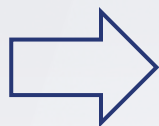
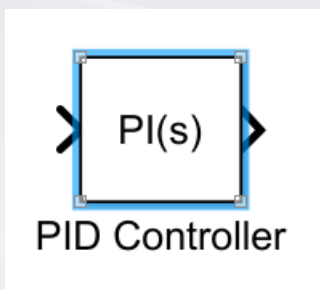


控制器参数调节口诀

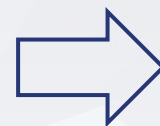
- 参数定找最佳,从小到大顺调先是比例后积分
- 后把微分加曲线振荡很频繁
- 比例度盘要放大曲线漂浮绕大湾
- 比例度往小扳曲线偏离复慢
- 积分时间往下降曲线波动周期长
- 积分时间再加帐曲线振荡频率快
- 先把微分降下来动差大来波动慢
- 微分时间应加长理想曲线两个波
- 前高后低4比1看调多分析,调节质量不会低



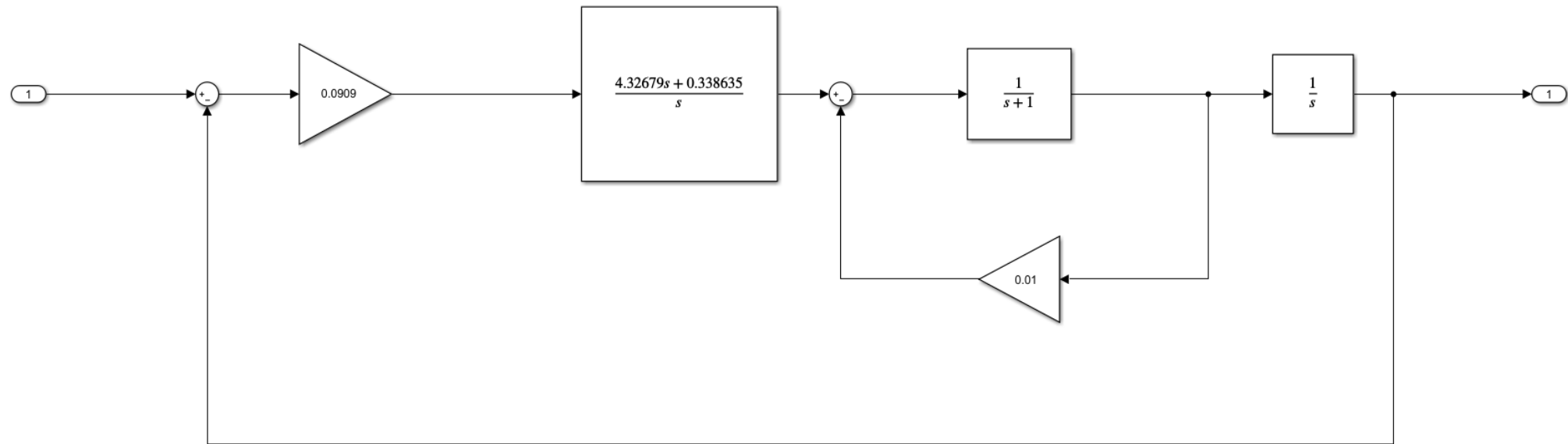
参数调节



PID tuner



PI控制器-SIMULINK结构图



闭环传递函数:

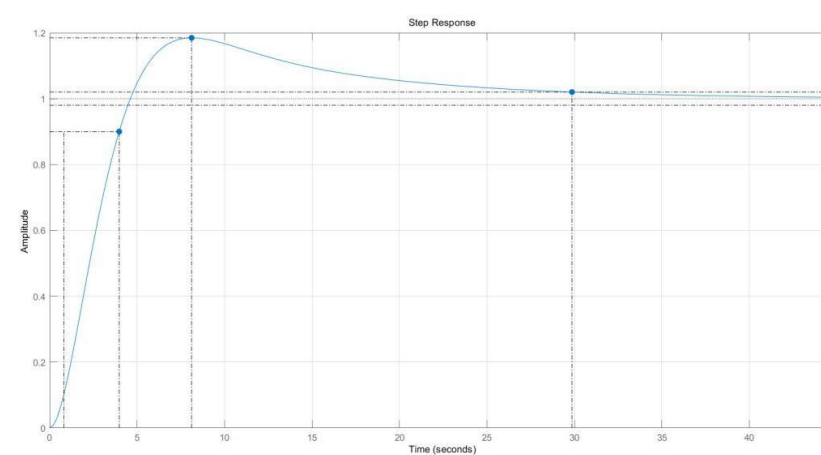
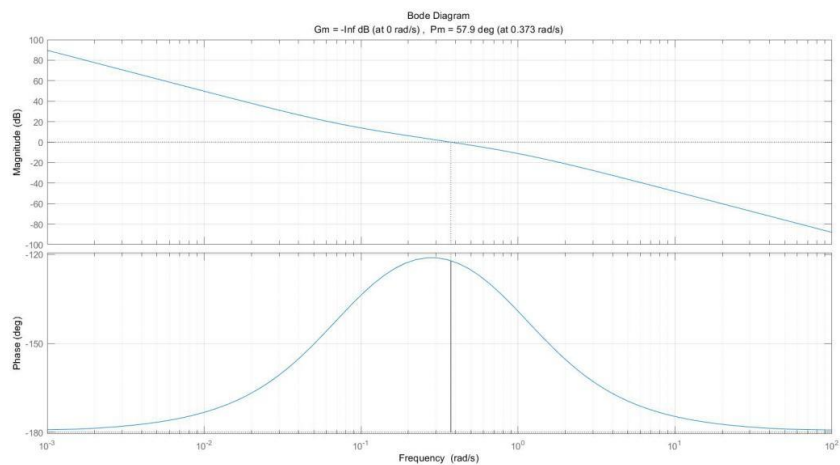
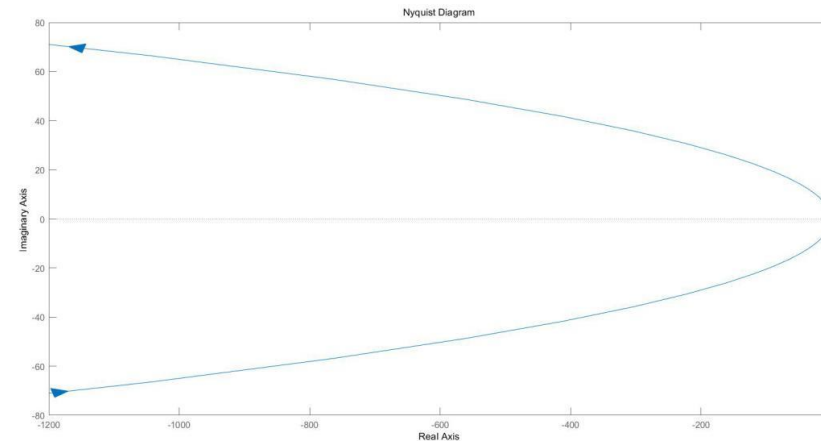
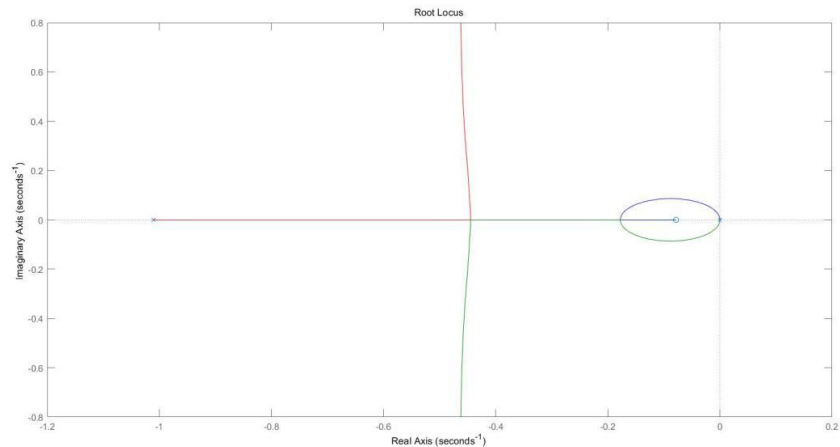
num/den =

0.39331 s + 0.030782

 $s^3 + 1.01 s^2 + 0.39331 s + 0.030782$



性能分析

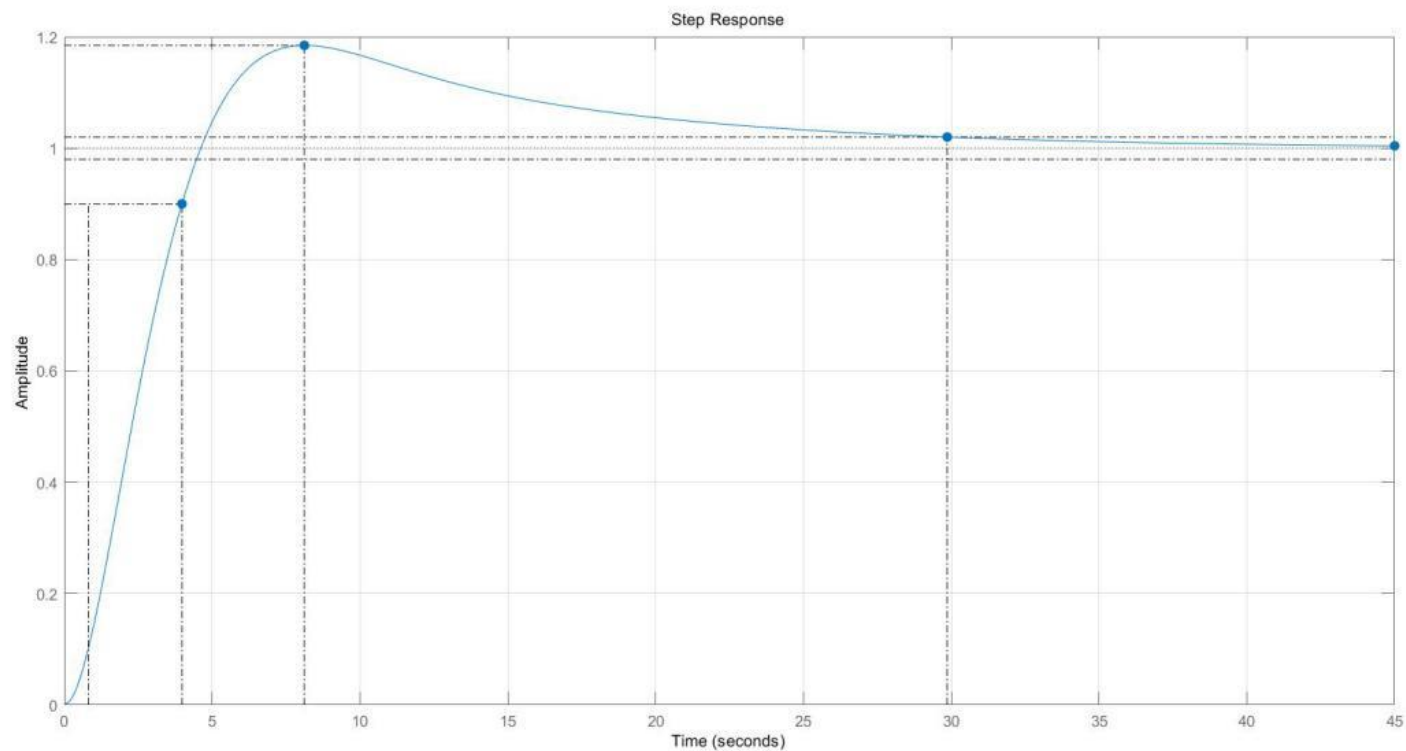


幅值裕度: -inf db, 相角裕度: 57.9deg (at 0.737rad/s)

超调量: 17.3%, 上升时间: 3.27s, 调节时间: 29.9s, 稳态误差: $ess = 3.1832 \times 10^{-11}$



性能分析



超调量：17.3%，上升时间：3.27s，调节时间：29.9s，稳态误差： $ess = 3.1832 \times 10^{-11}$

控制器设计要求

①快速跟踪

②准确定位



The diagram consists of two dark blue rounded rectangular boxes at the top. The left box contains the text '①快速跟踪' (1. Fast Tracking) and the right box contains '②准确定位' (2. Accurate Positioning). A blue curved line connects the bottom of these two boxes. A large red 'X' is superimposed over this line. From the bottom of the 'X', two blue arrows point downwards towards the text '位置随动系统' (Position Servo System).

位置随动系统

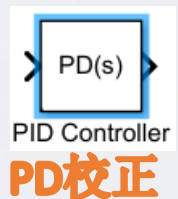


第 n 周-第 $n+1$ 周
校正装置设计

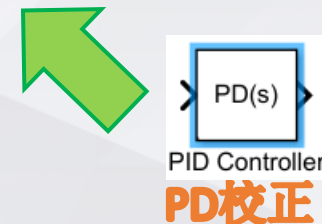
校正装置设计

①快速跟踪

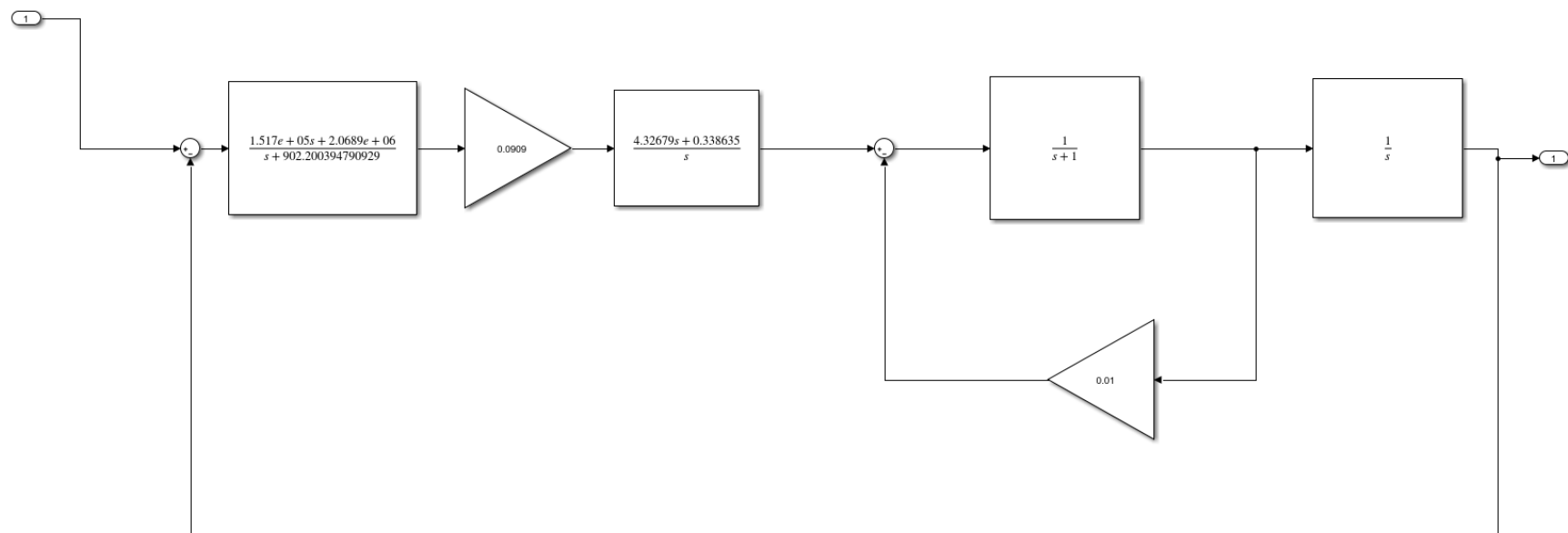
②准确定位



位置随动系统



PD校正-SIMULINK结构图

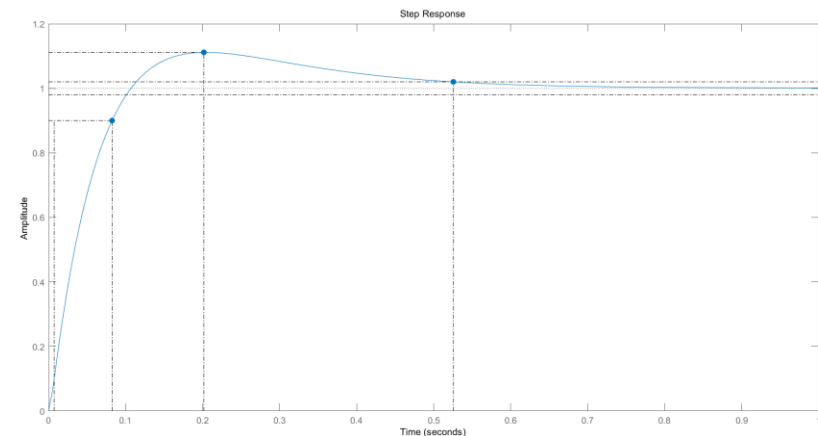
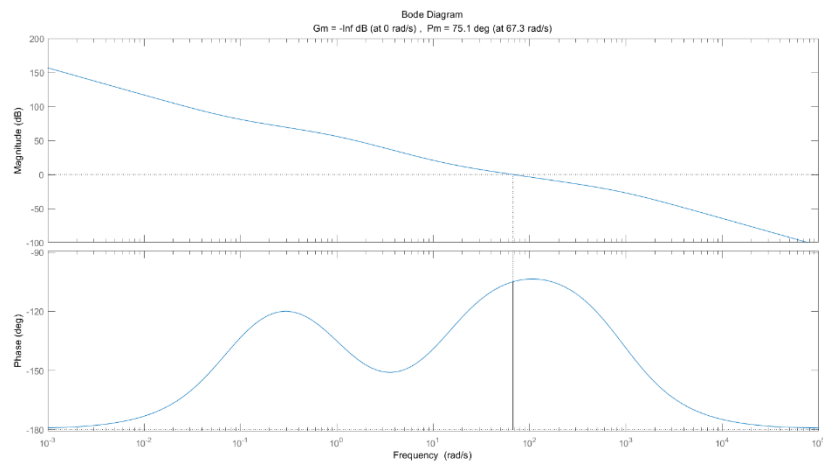
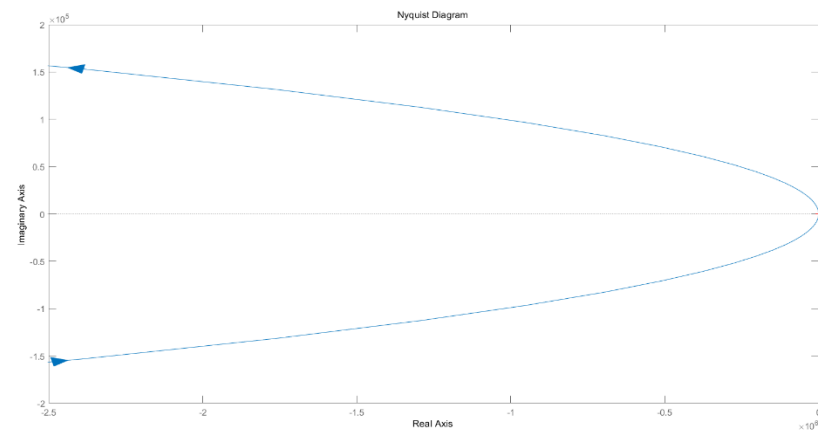
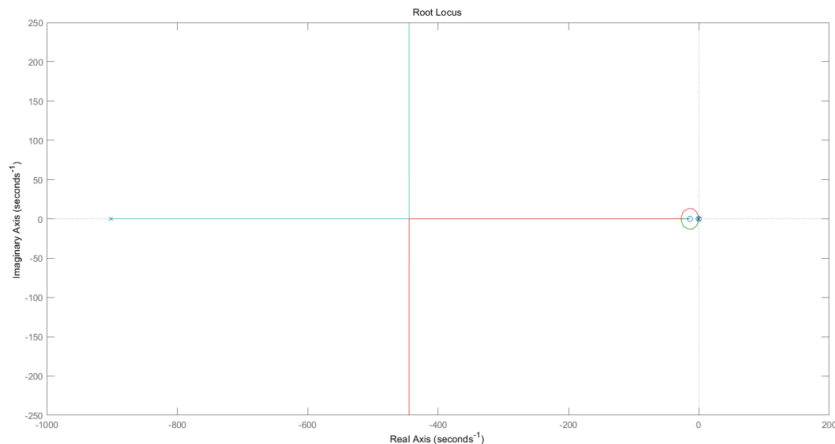


闭环传递函数: num/den =

$$\frac{59664.4005 s^2 + 818378.7685 s + 63684.7174}{s^4 + 903.2104 s^3 + 60575.6229 s^2 + 818378.7685 s + 63684.7174}$$



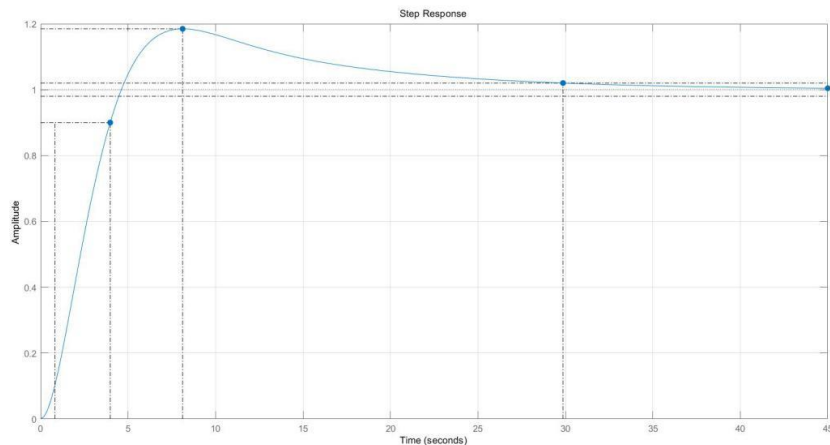
性能分析



系统的幅值裕度: $-\infty$, 相角裕度: 74.9° (at 66.7 rad/s)
超调量: 11.12%, 上升时间: 0.0623s, 调节时间: 0.1247s 稳态误差: $e_{ss} = 4.2405 \times 10^{-11}$



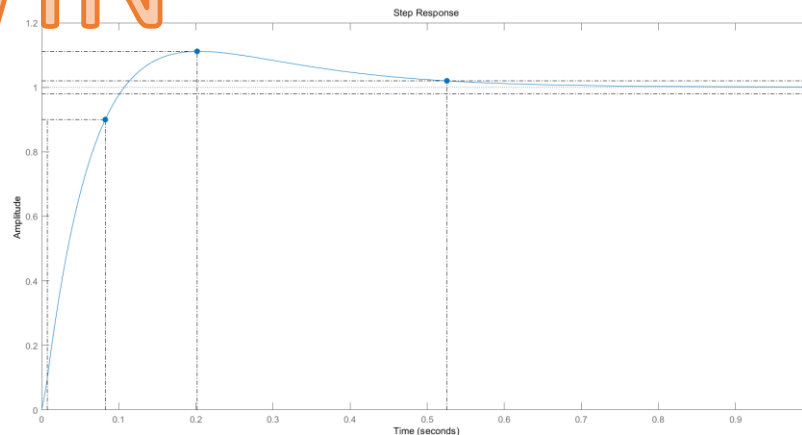
响应速度对比



校正前

超调量: 17.3%
上升时间: 3.27s
调节时间: 29.9s

WIN

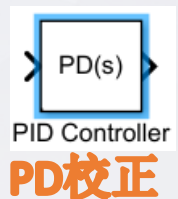


校正后

超调量: 11.12%
上升时间: 0.0623s
调节时间: 0.1247s

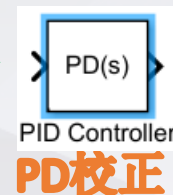
①快速跟踪

②准确定位



位置随动系统

PD校正

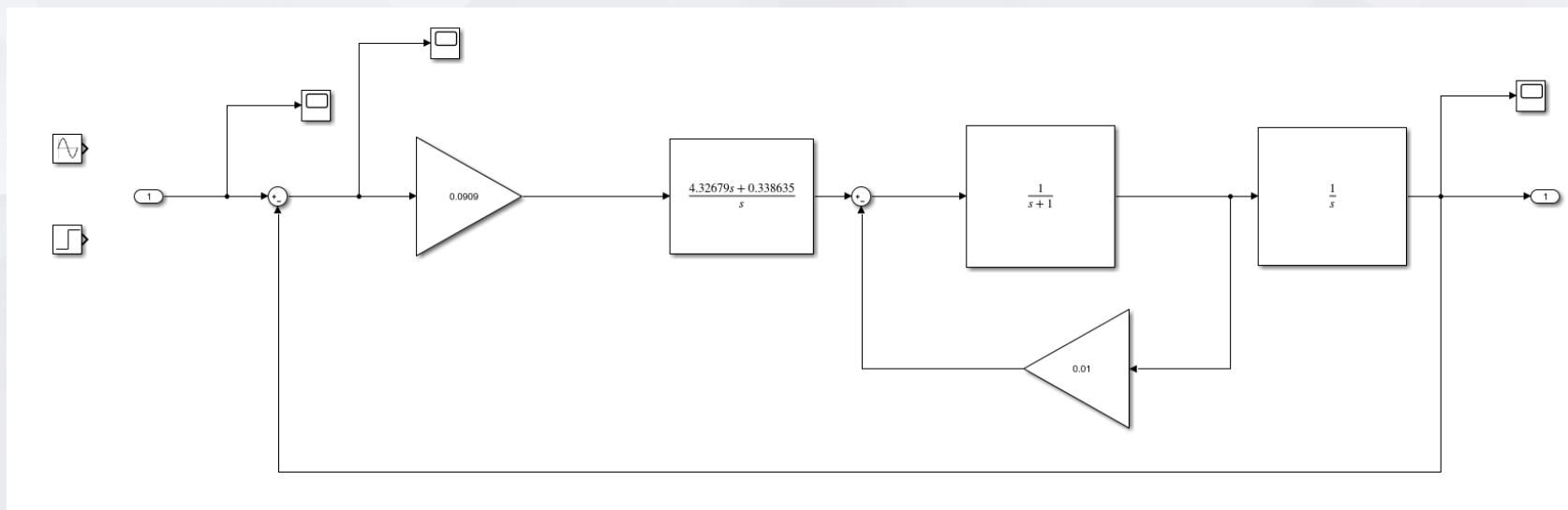




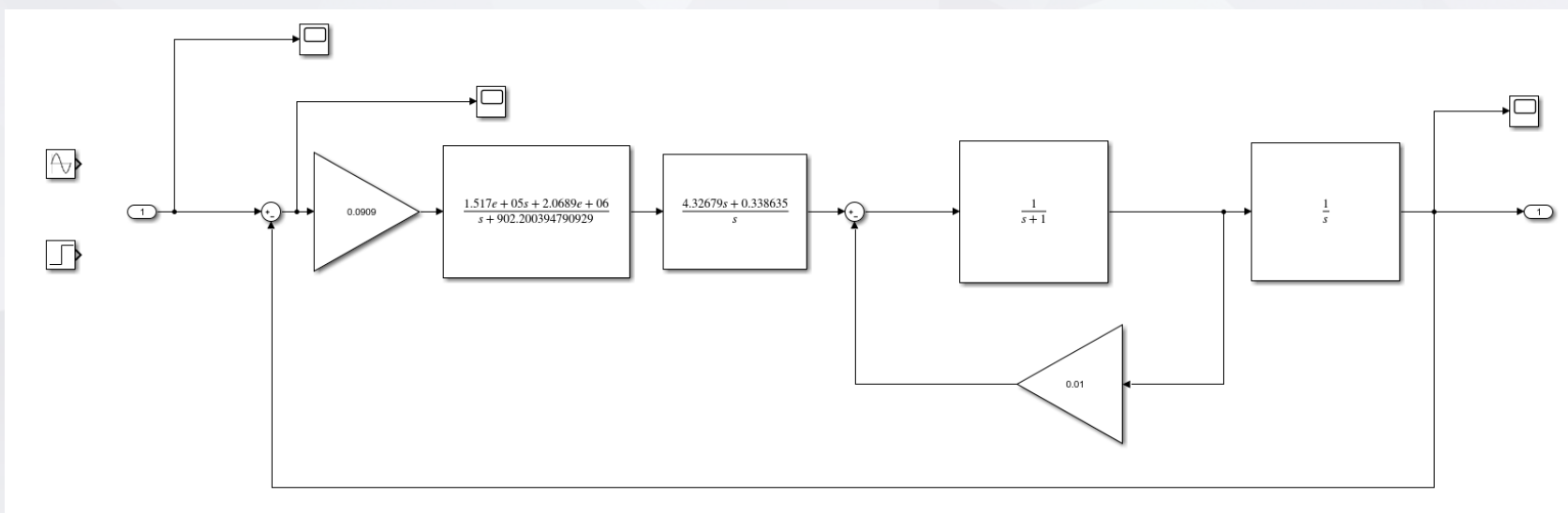
第 $n+1$ 周-第 $n+2$ 周
连续信号跟随及扰动测试

连续信号测试

校正前系统



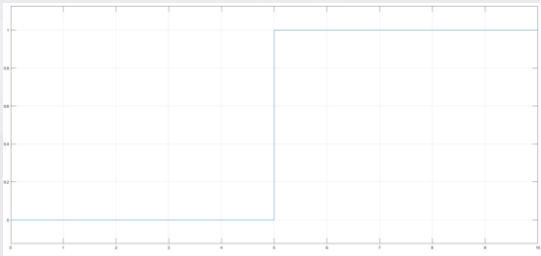
校正后系统



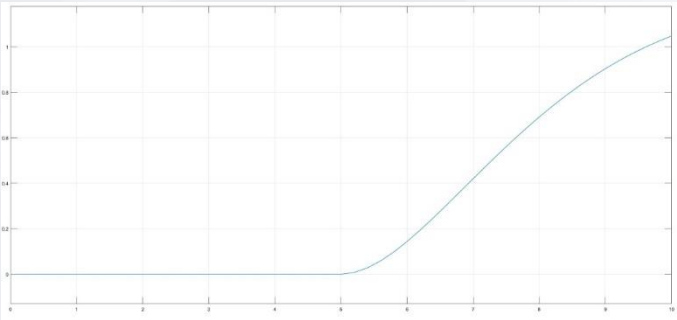


跳变信号测试

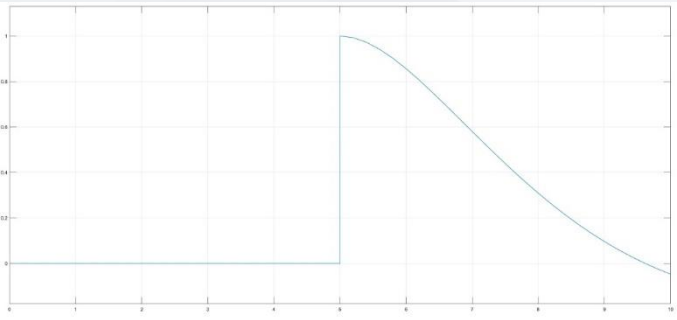
输入跳变信号



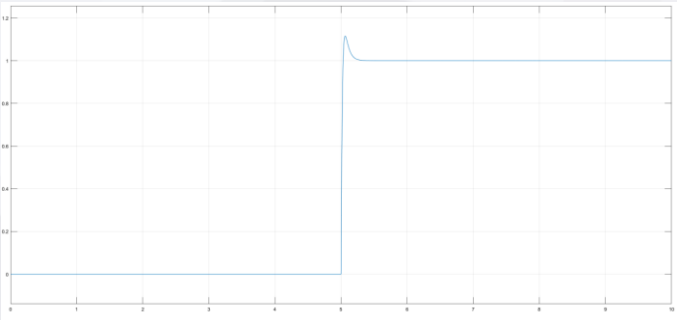
校正前系统输出信号



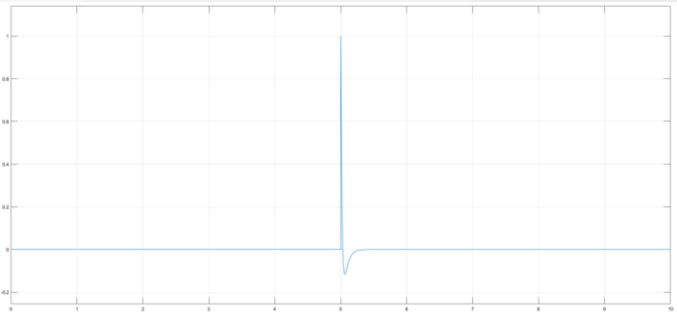
校正前系统误差信号



校正后系统输出信号



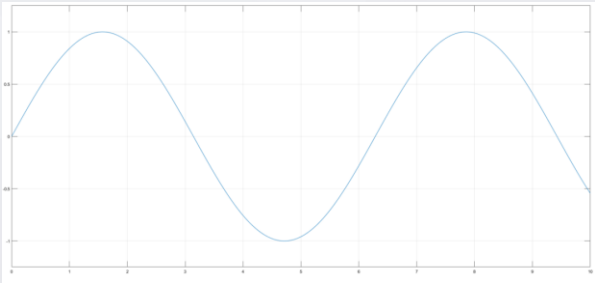
校正后系统误差信号



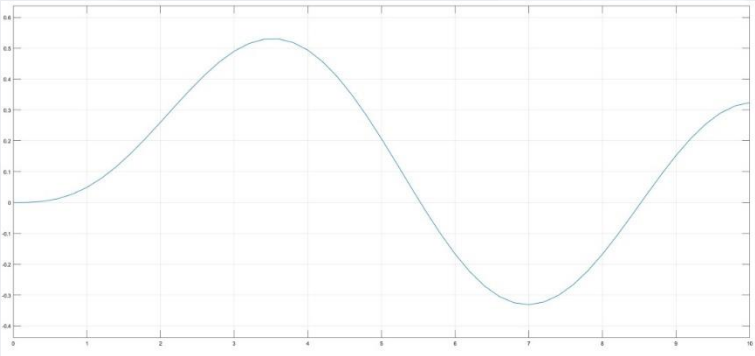


正弦信号测试

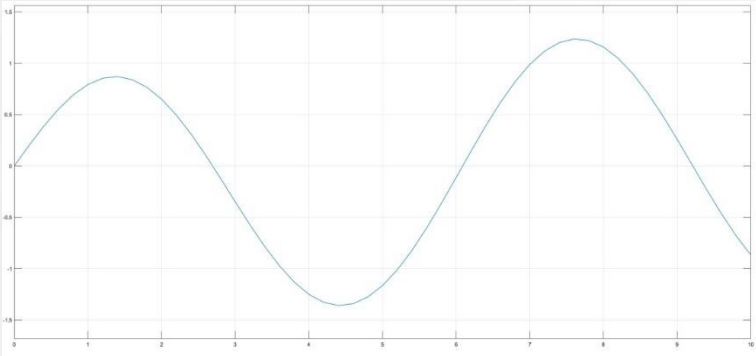
输入正弦信号



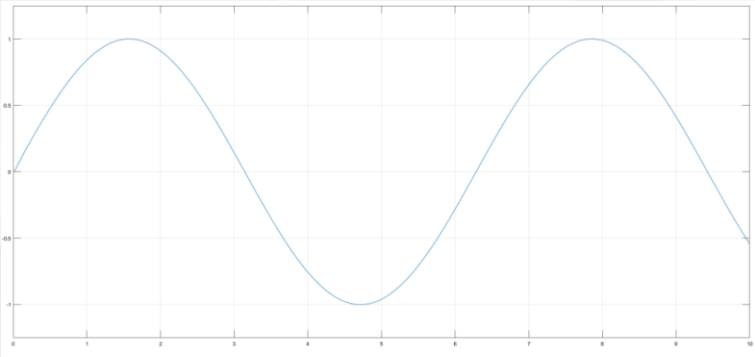
校正前系统输出信号



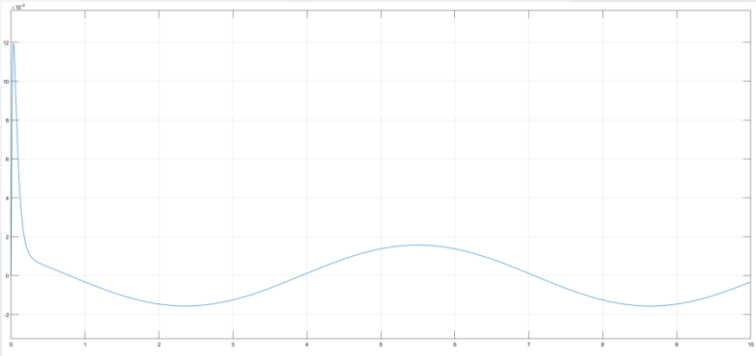
校正前系统误差信号



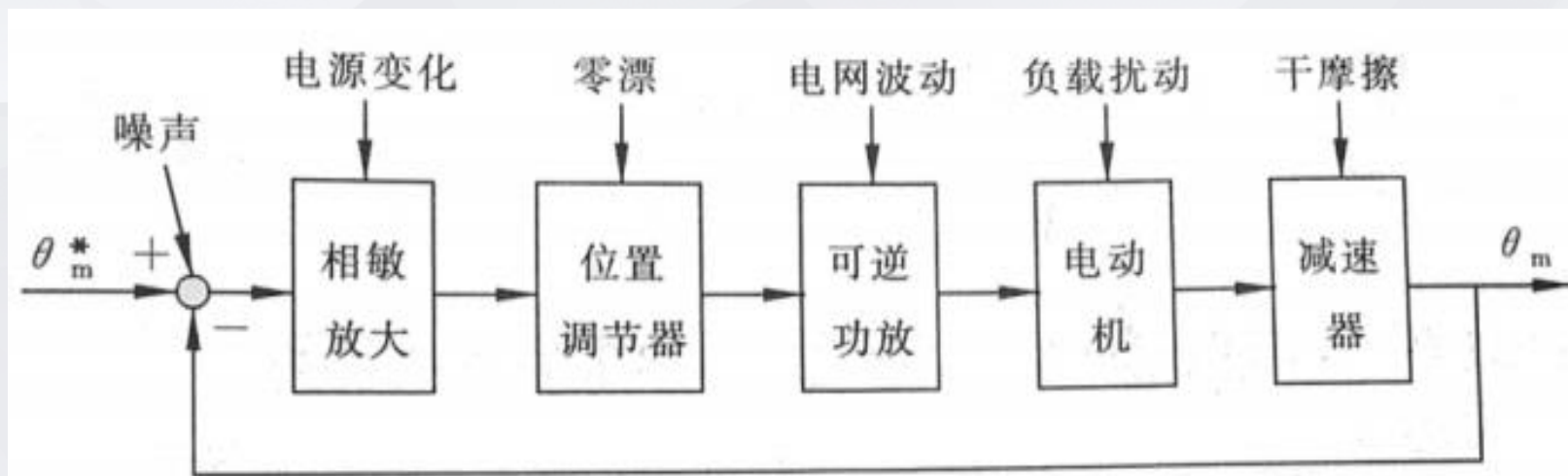
校正后系统输出信号



校正后系统误差信号



扰动测试

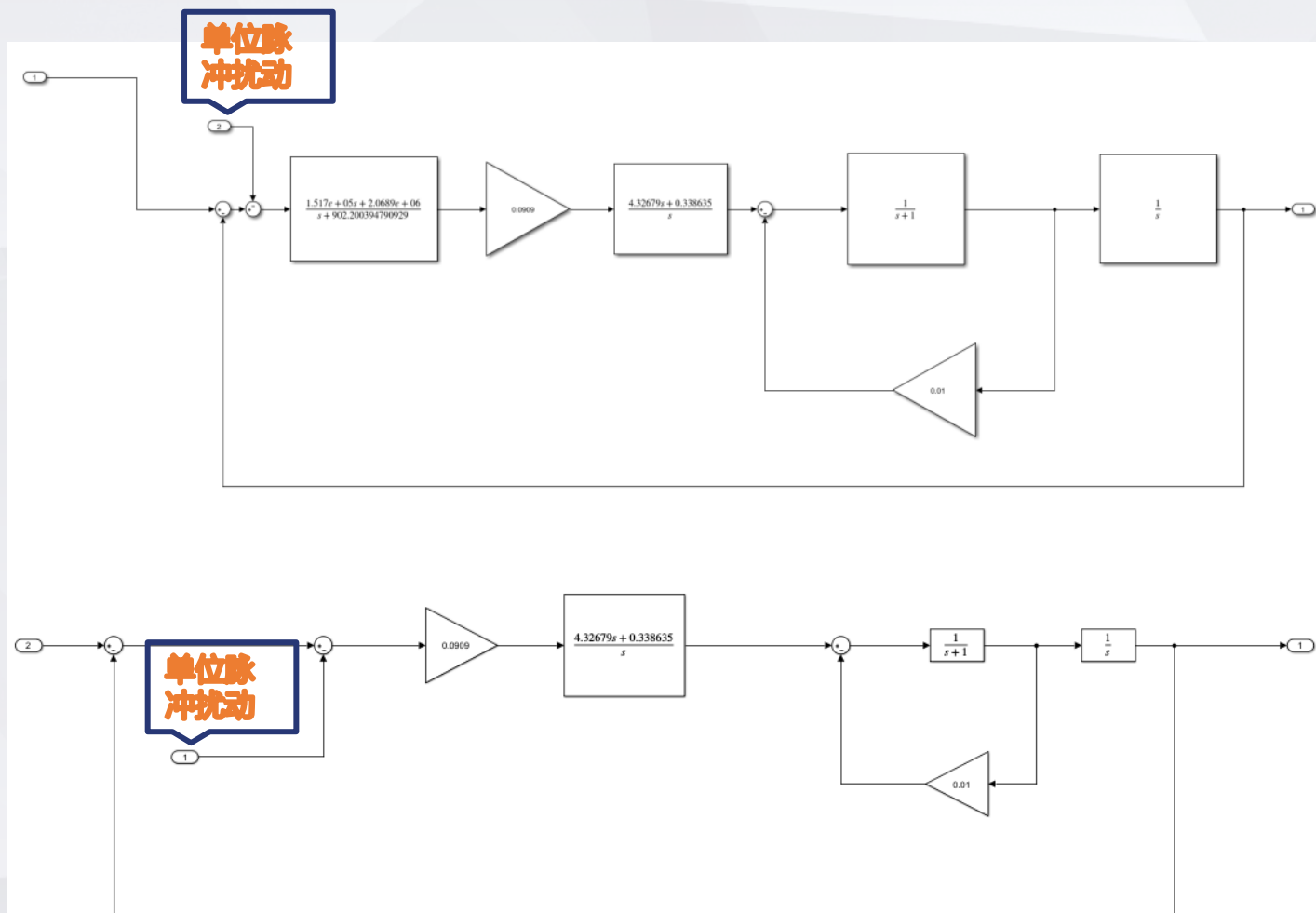


位置随动系统中的扰动

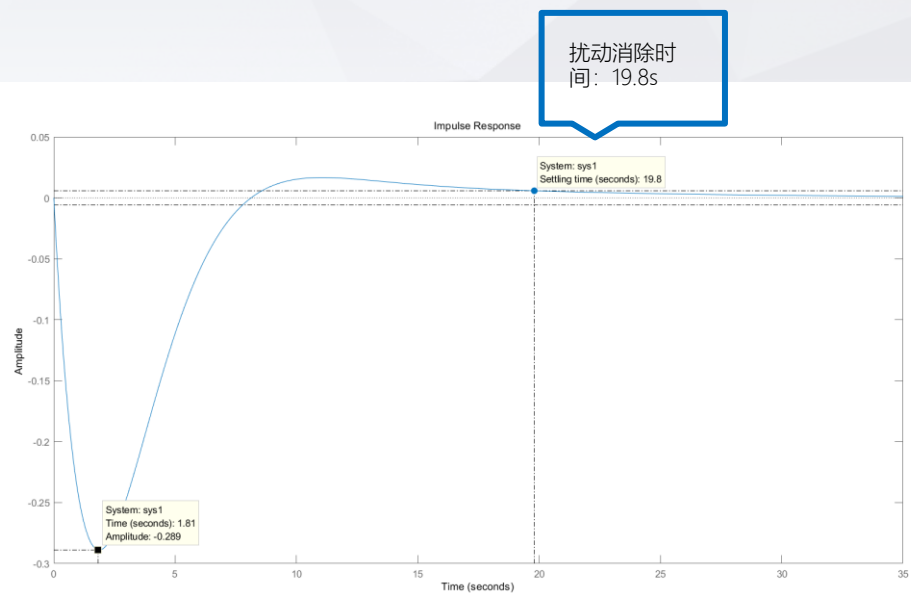
位置1 扰动测试

校正后系统

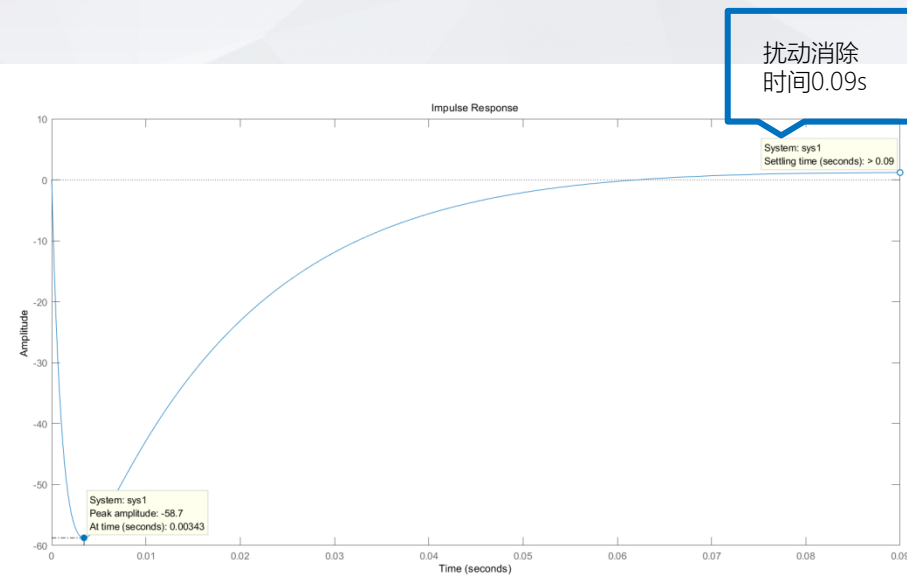
校正前系统



位置1 扰动测试



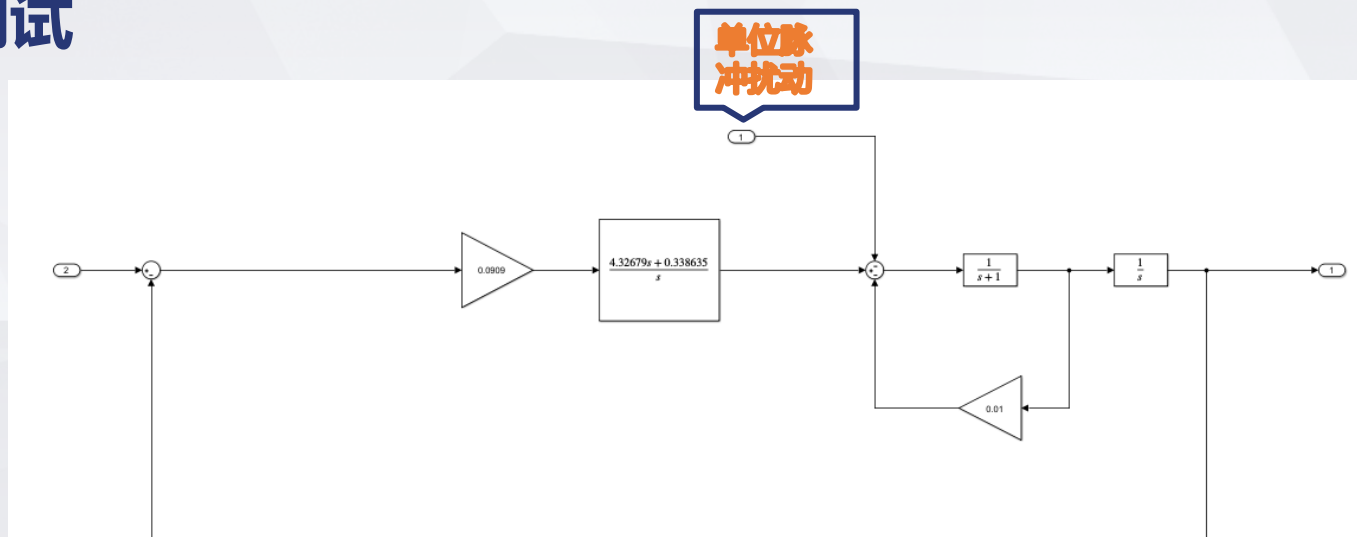
校正前系统



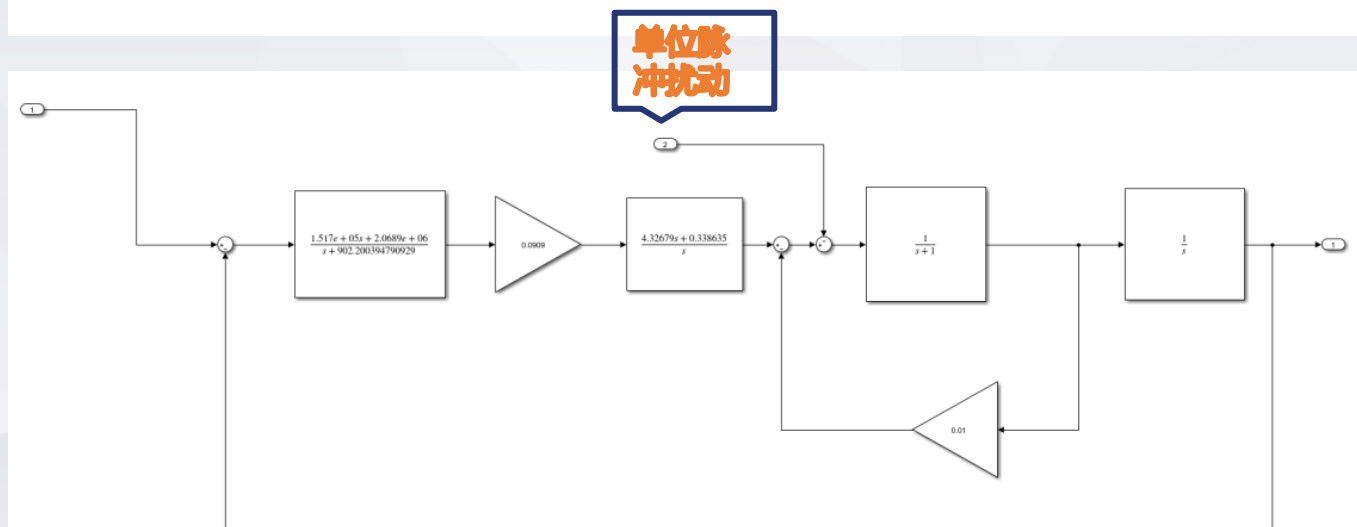
校正后系统

位置2 扰动测试

校正后系统

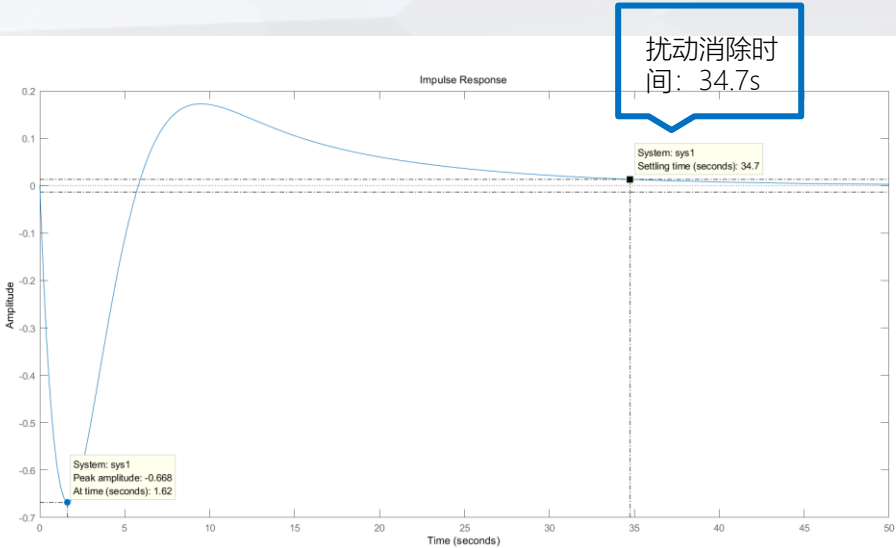


校正前系统

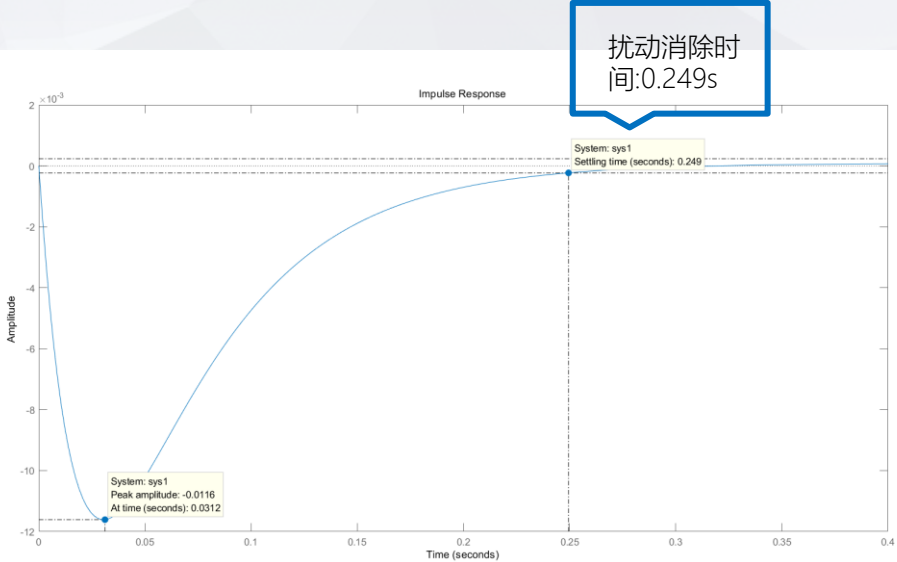




位置2 扰动测试



校正前系统

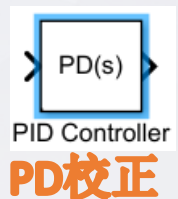


校正后系统

校正装置设计

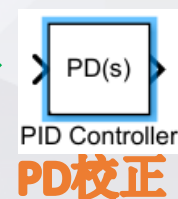
①快速跟踪

②准确定位



位置随动系统

PD校正

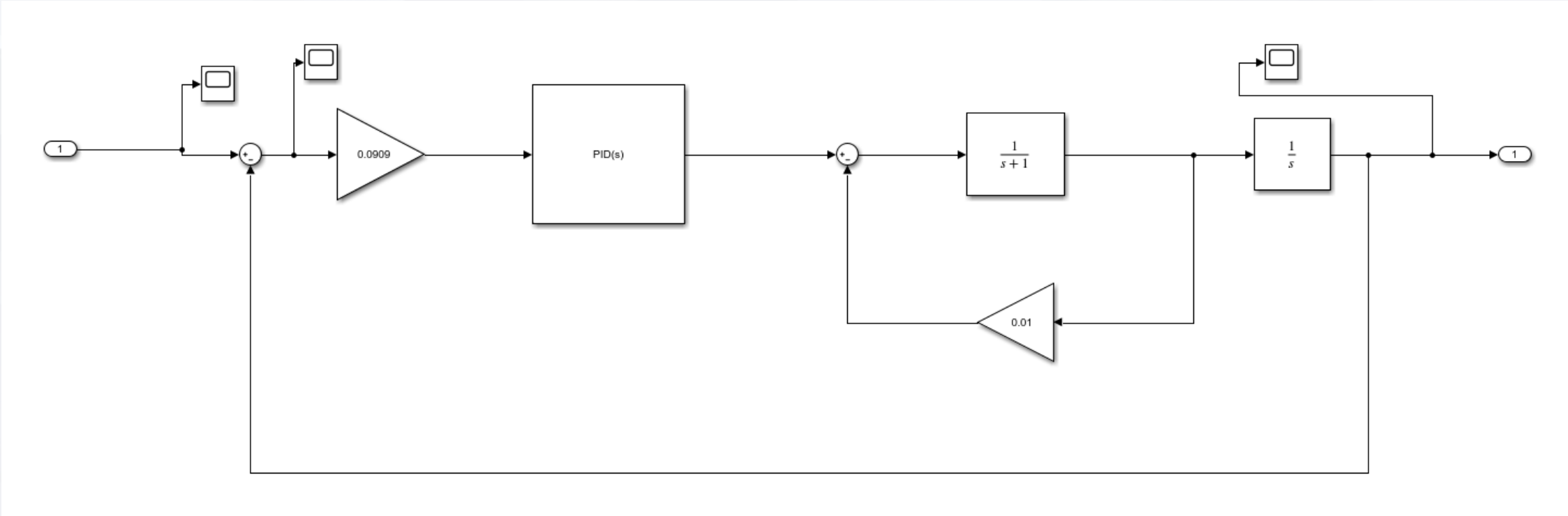




项目拓展及总结

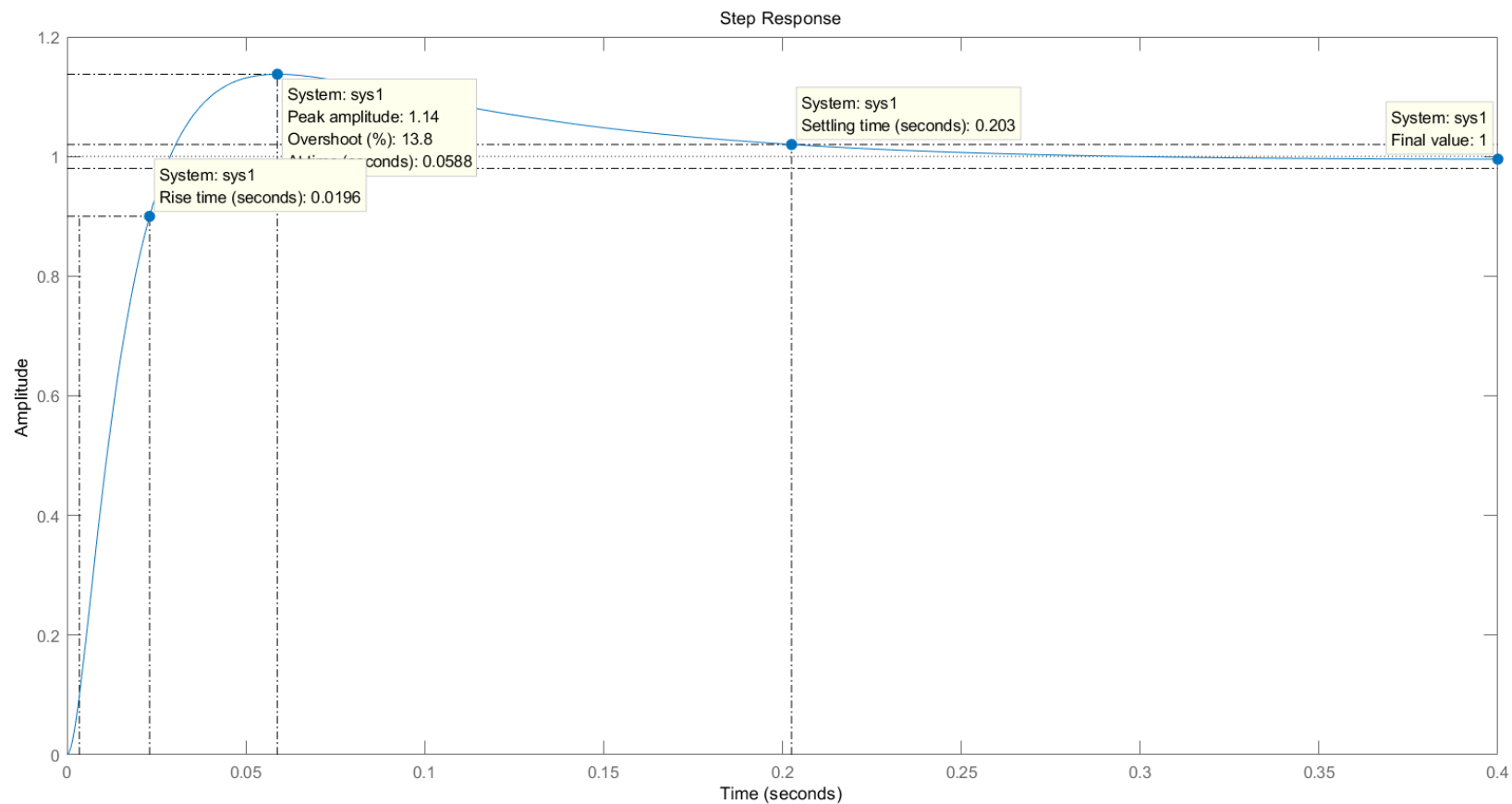


PID控制器





PID控制器



超调量: 13.8% 上升时间: 0.0196s 调节时间: 0.203s



前馈校正装置

