

## 一、实验目的

1. 了解根轨迹法校正系统的原理。
2. 采用根轨迹法设计磁悬浮控制器。

## 二、实验设备

1. GML2001 磁悬浮系统
2. 电脑（装有 MATLAB 平台）
3. 电控箱

## 三、实验原理

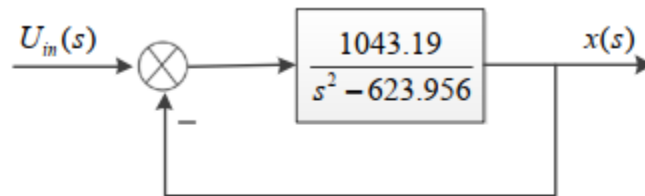


图 2.1 磁悬浮控制系统

未校正系统的开环传递函数为：

$$G_0(s) = \frac{1043.19}{s^2 - 623.956}$$

## 四、实验步骤

- 1、分析磁悬浮系统校正前的系统根轨迹，以及系统的稳定性
- 2、设计根轨迹法设计控制器：

要求： 加入阶跃信号输入后，系统输出指标为：

- " 超调量在 15% 以内；
- " 稳态误差在 1mm 以内；
- " 调节时间小于 0.04s；

设计校正环节，使小球稳定悬浮于电磁铁下方 10mm 位置。

## 五、实验内容

MatLab 校正前后仿真程序

```
close all;clear;clc;

% 校正前（原始）
num = 1043.19;
den = [1,0,-623.956];
sys = tf(num, den);

%超前校正
num = 1043.19*62.74*[1,61.18];
den = conv([1,0,-623.956],[1,418.40]);
```

```
sys = tf(num, den);
```

```
% 根轨迹
```

```
figure(1)
```

```
rlocus(sys);
```

```
% 阶跃响应
```

```
figure(2);
```

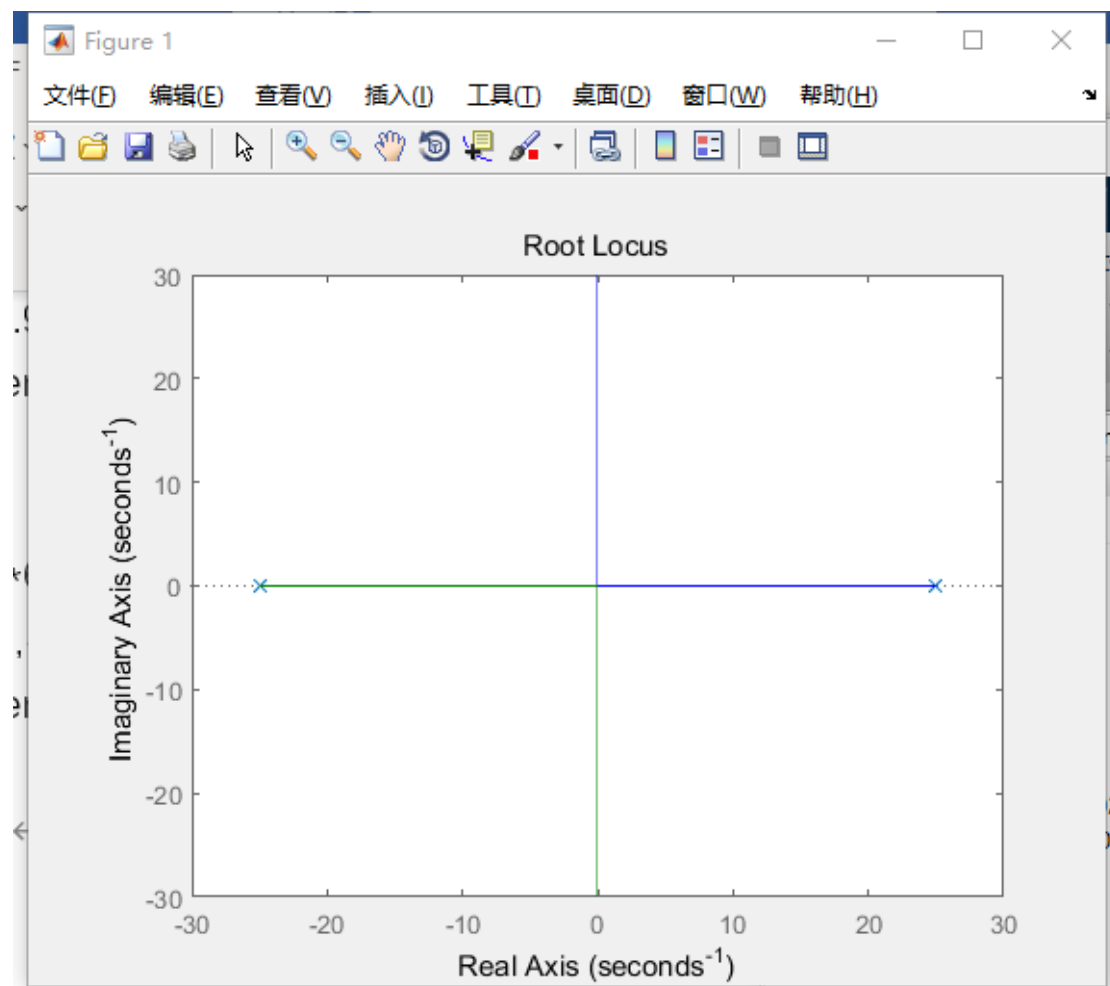
```
sys4 = sys / (1+sys);
```

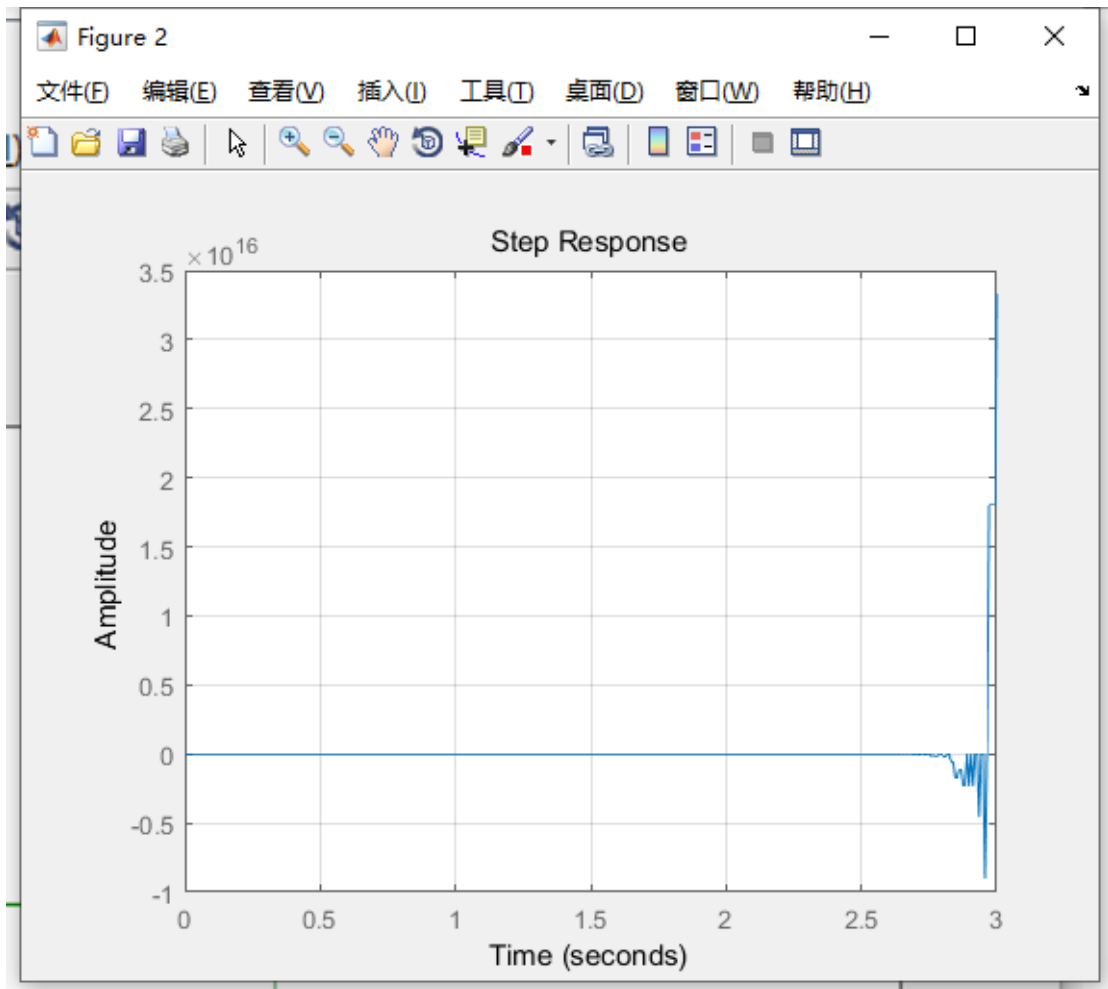
```
step(sys4);
```

```
grid;
```

```
stepinfo(sys4)
```

校正前系统根轨迹图及阶跃响应





根轨迹校正计算过程

未校正系统  $G_0(s) = \frac{1043.19}{s-623.956}$  校正指标  $\sigma_p \leq 1.5\%$   $e_{ss} \leq 1mm$   $t_s < 0.04s$

由  $\sigma_p = e^{-\frac{\zeta}{\omega_n}}$   $t_s = \frac{3.5}{\zeta \omega_n}$  得  $\zeta > 0.8$   $\zeta \omega_n > 87.5$  取  $\zeta = 0.85$   $\omega_n = 160$

期望极点,  $s_{1,2} = -136 \pm j84.29$   $p_{1,2} = \pm 25$

$\angle G_0(s_1) = -\angle(s_1 - p_1) = -250.9^\circ$

由  $\angle G_0(s_1) + \phi = (2k+1)180^\circ$  得  $\phi = 70.9^\circ$

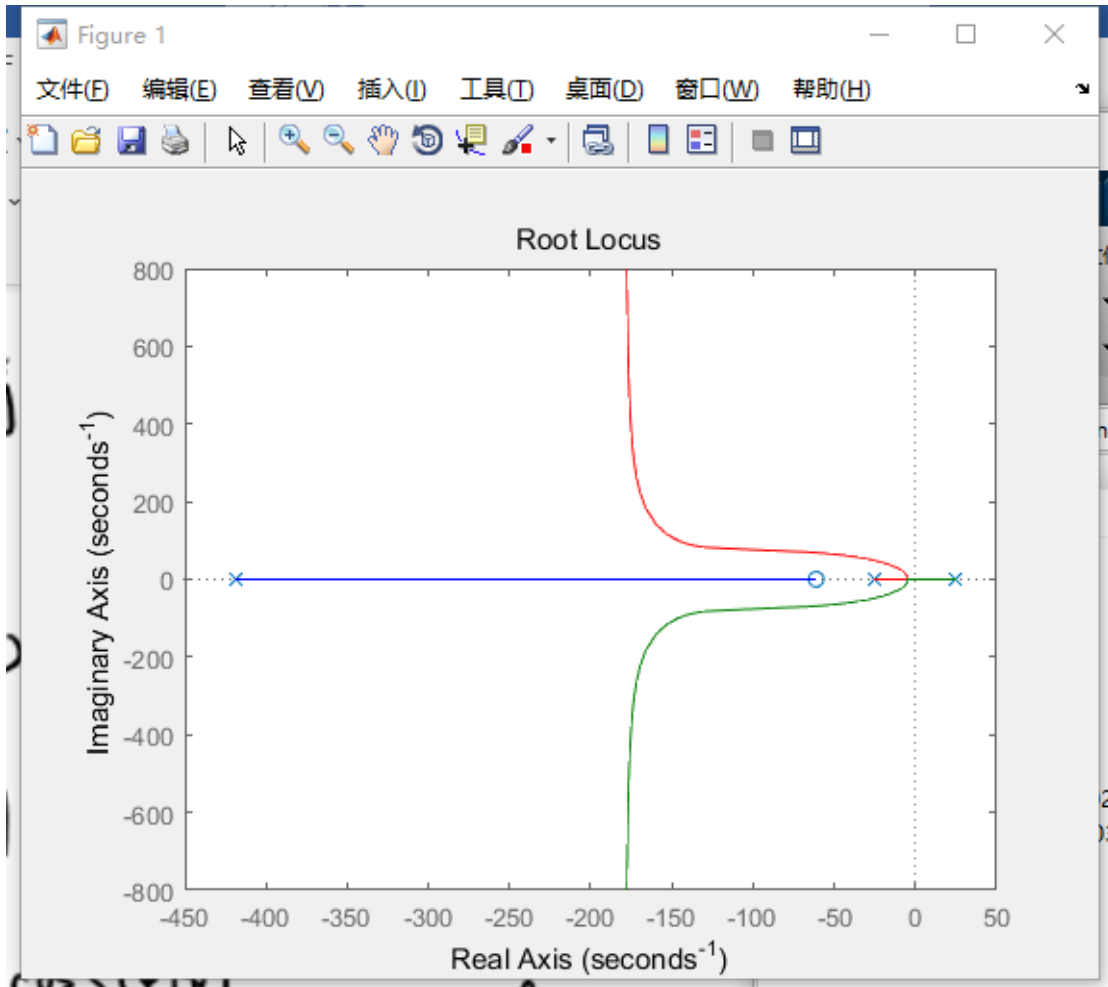
$$P_c = -|s_1| \frac{\cos \frac{\phi+\theta}{2}}{\cos \frac{\phi-\theta}{2}} = -418.40$$

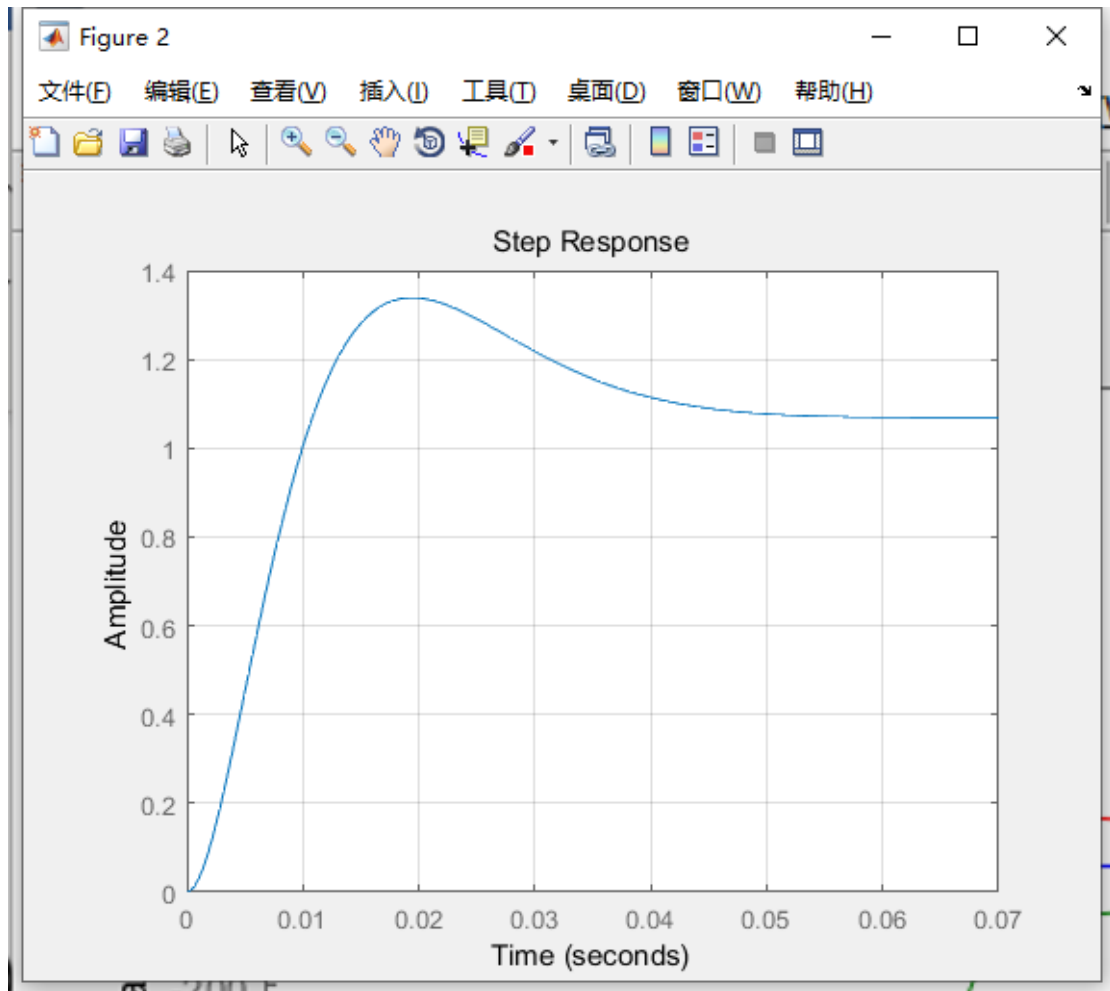
$$Z_c = -|s_1| \frac{\cos \frac{\phi+\theta}{2}}{\cos \frac{\phi-\theta}{2}} = -61.18$$

由  $K_c \left| \frac{s_1 - Z_c}{s_1 - P_c} \right| |G_0(s_1)| = 1$  得  $K_c = 62.74$

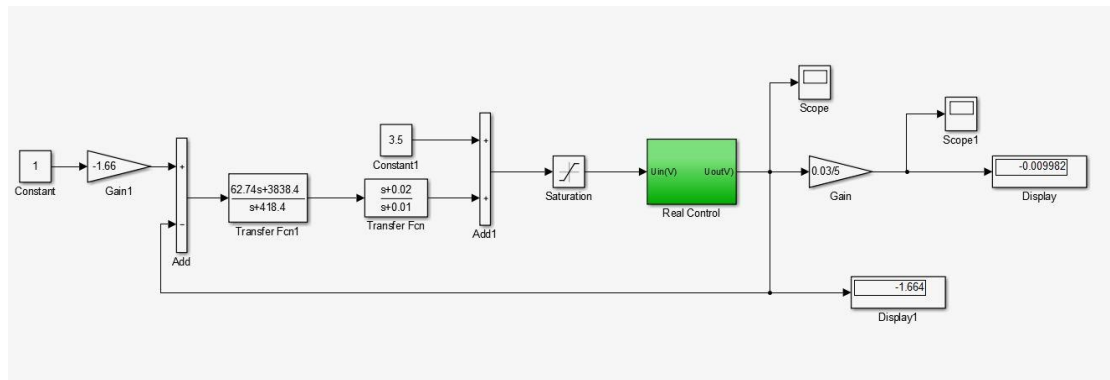
$$\text{校正环节 } G_c(s) = 62.74 \frac{s+61.18}{s+418.40}$$

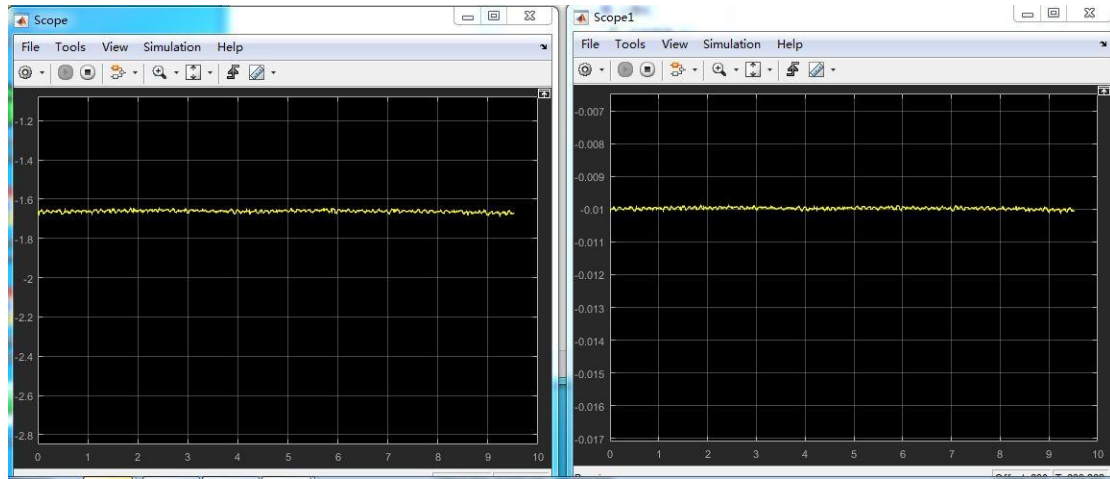
校正后系统根轨迹图及阶跃响应





Simulink 实验响应曲线





## 六、实验总结

对磁悬浮系统进行根轨迹校正后，根轨迹开环极点均位于系统左半平面，性能指标达到控制器设置要求，并且有一定抗干扰能力。