

自动控制原理实验报告

实验四 根轨迹的计算机研究
实验五 频率特性法的计算机研究

实验四 根轨迹的计算机研究

一、实验目的

1. 学习应用计算机绘制系统的根轨迹的方法；
2. 通过根轨迹分析系统的动态性能，熟悉根轨迹在系统分析与设计中的应用；
3. 了解系统参数的变化对系统特性的影响。

二、实验仪器及设备

计算机，MATLAB 软件一套

三、实验步骤

1. 运行MATLAB ；
2. 在命令框中输入 `rltool`；
3. File —> Import —>编辑一下 G、H、F、C则OK按钮可用，单击OK；
4. 在菜单中compensators —> edit C —>Format 选Zero/Pole Location—>编辑Gain、Zeros和Poles；单击OK，屏幕显示根轨迹；
5. 不同的版本可以操作方法有区别，请以所使用的MATLAB版本为准。

四、实验内容

1. 熟悉绘制根轨迹的基本规则；
2. 增加系统开环传递函数的零、极点对根轨迹形状的影响及利用根轨迹对系统进行分析的方法；
3. 从“实验四/五作业题”中仍选一题完成；
4. 记录实验结果，包括实验中用到的开环传递函数和对应的根轨迹特性。
5. 设计实验六所需系统参数。

系统开环传递函数:

$$G_1(s) = \frac{2}{(s+1)(s^2+2s+1)}$$

输入MATLAB代码:

```
>> Numerator = [2]

Numerator =

     2

>> Denominator = conv([1, 1], [1, 2, 1])

Denominator =

     1     3     3     1

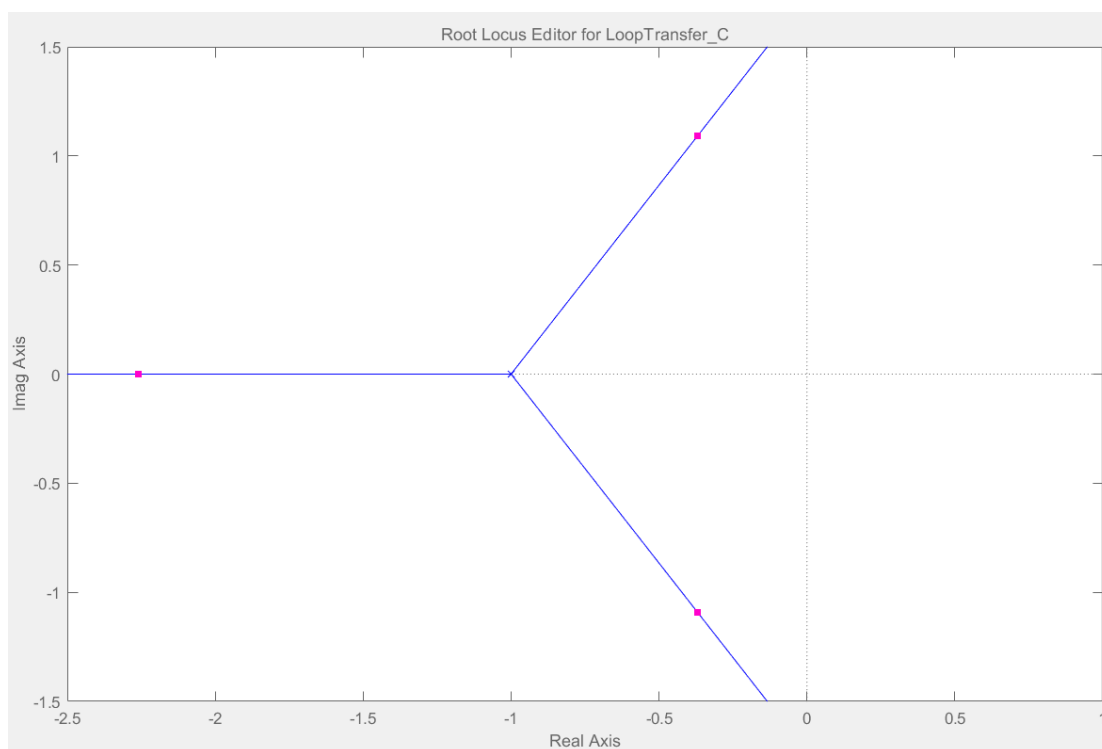
>> G = tf(Numerator, Denominator)

G =

      2
-----
s^3 + 3 s^2 + 3 s + 1

Continuous-time transfer function.
```

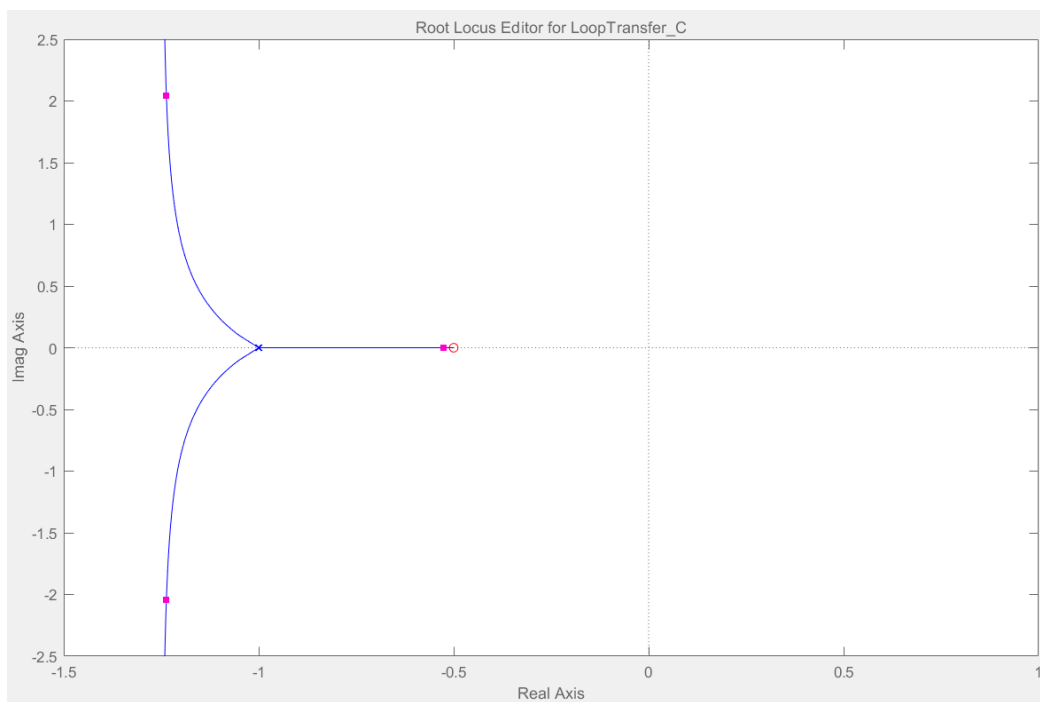
系统的根轨迹:



增加一个零点 $(-0.5, 0)$, 对应补偿结构

$$C = (1 + 2s)$$

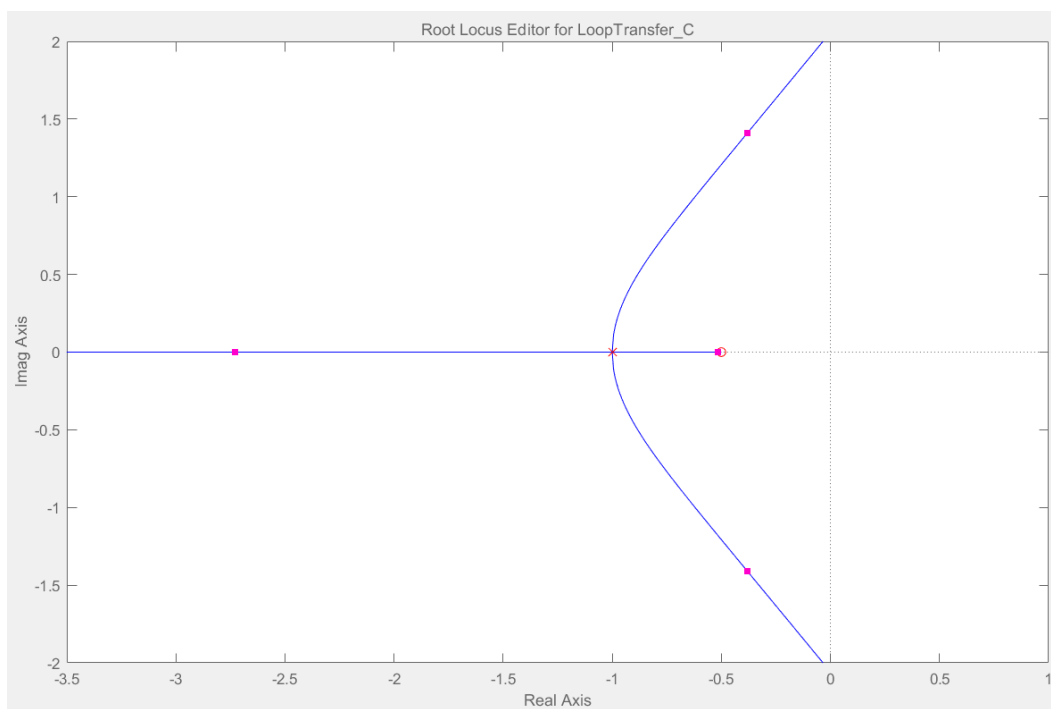
系统的根轨迹:



增加一个极点 $(-1, 0)$, 对应补偿结构

$$C = \frac{1 + 2s}{1 + s}$$

系统的根轨迹:



实验五 频率特性法的计算机研究

一、实验目的：

1. 学习应用计算机绘制系统的频率特性图（Bode图和Nyquist图）的方法；
2. 通过频率特性图分析系统的性能，熟悉频率特性图在设计中的应用；
3. 了解系统参数的变化对系统特性的影响。

二、实验仪器及设备：

计算机一套，MATLAB 软件一套

三、频率法实验步骤：

1. 运行MATLAB ；
2. 在命令框中输入rltool；
3. File —> Import —>编辑一下G、H、F、C则OK按钮可用，单击OK；
4. 在菜单中compensators —> edit C —>Format 选Zero/Pole Location—>编辑Gain、Zeros和Poles；
5. 在菜单中View选中Open Loop Bode，则显示Bode图；
6. 在菜单中Analysis 下选Open Loop Nyquist，则显示整个奈氏曲线。选Response to Step Command 则显示单位阶跃响应曲线。选Rejection of Step Disturbance则显示单位阶跃输入的误差变化情况。

四、频率法实验内容

1. 考察最小相位系统幅相曲线与Bode图的特点；
2. 幅相曲线起点与积分环节个数的关系、终点与分子分母阶次数的关系。
3. Bode图中对数幅频与对数相频变化的关系。
4. 考察非最小相位系统以上关系是否成立。
5. 从“实验四/五”作业题中仍选一题完成；
6. 记录实验结果，包括实验中用到的开环传递函数和对应的频率特性。
7. 设计实验六所需系统参数。

系统开环传递函数:

$$G_1(s) = \frac{2}{(s+1)(s^2+2s+1)}$$

输入 MATLAB 代码:

```
>> Numerator = [2]

Numerator =

     2

>> Denominator = conv([1, 1], [1, 2, 1])

Denominator =

     1     3     3     1

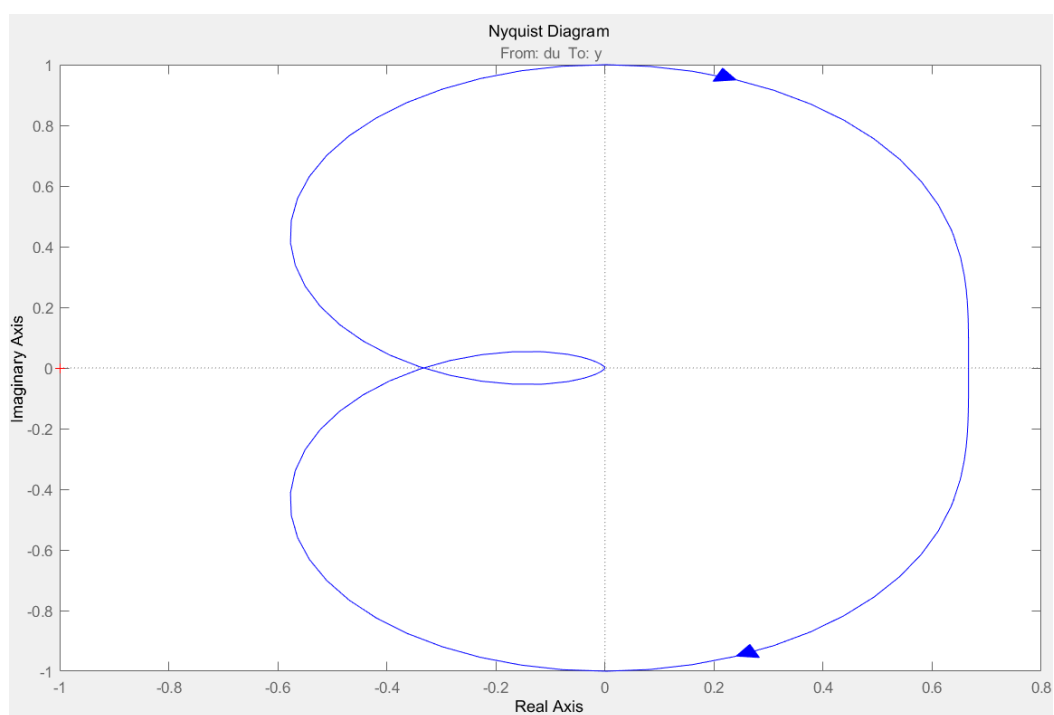
>> G = tf(Numerator, Denominator)

G =

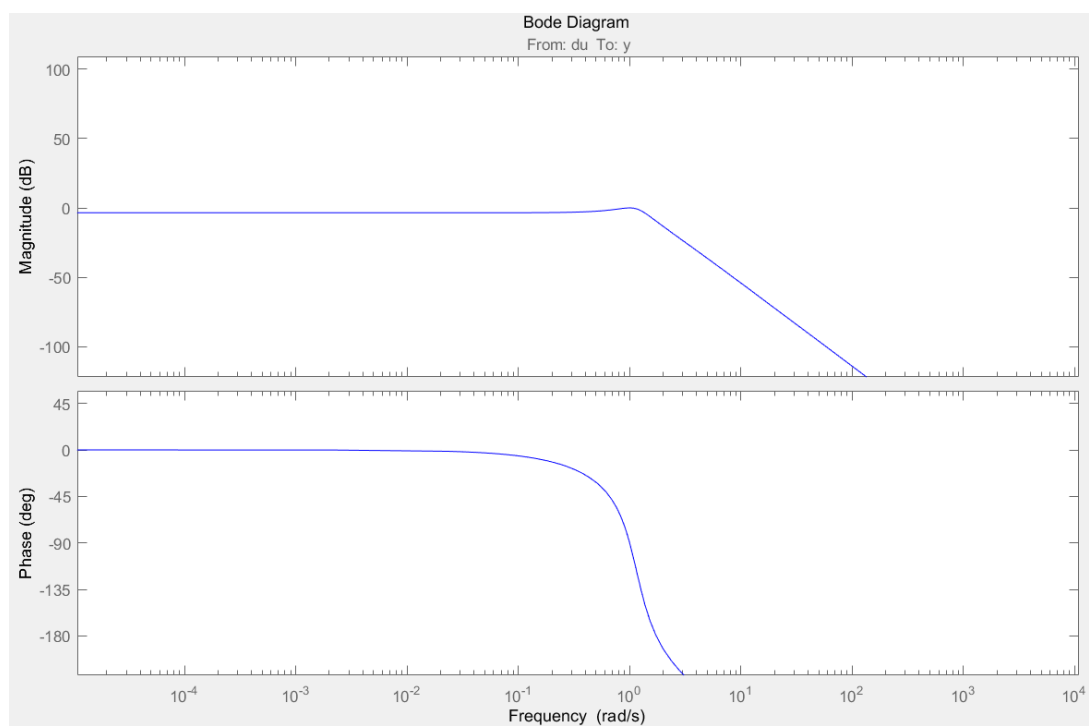
      2
-----
s^3 + 3 s^2 + 3 s + 1

Continuous-time transfer function.
```

系统的幅相特性曲线:



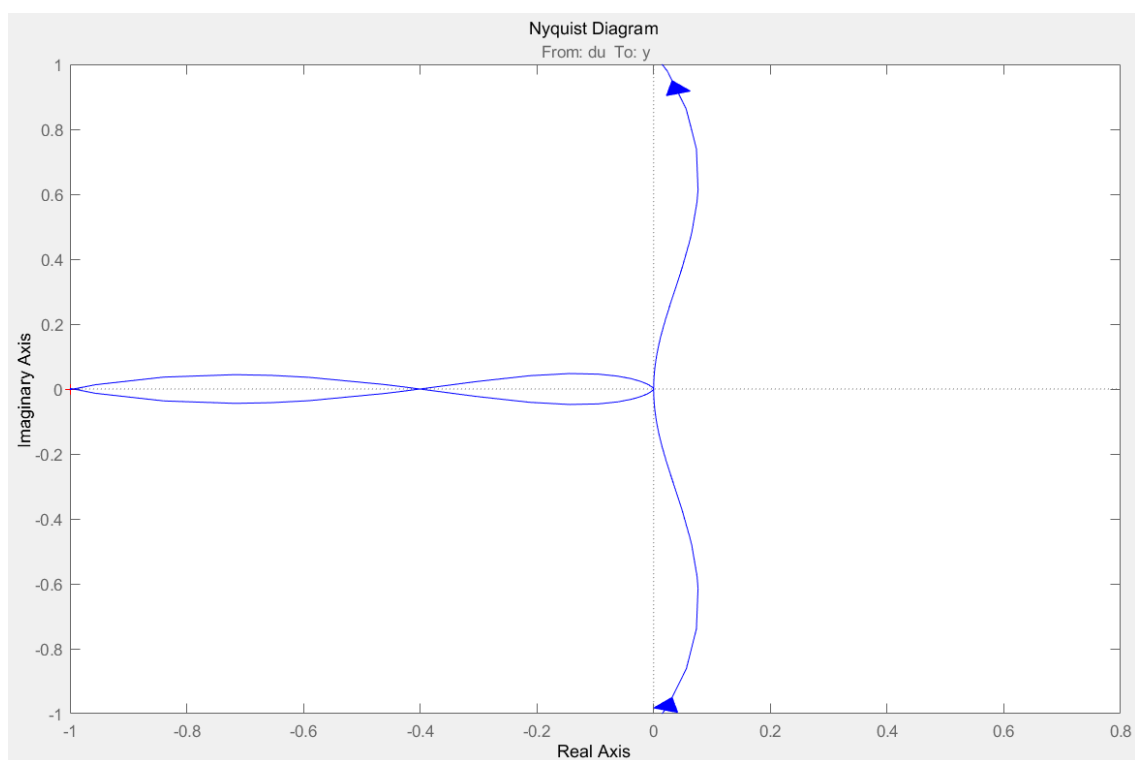
系统的 Bode 图:



增加一个积分环节后

$$G_1(s) = \frac{2}{s(s+1)(s^2+2s+1)}$$

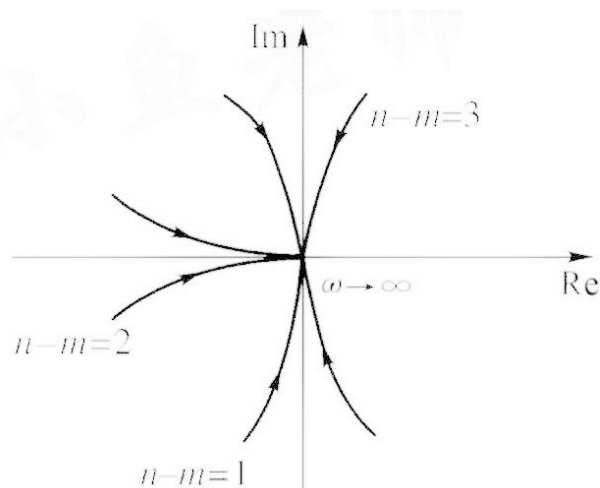
系统的奈氏曲线变为:



幅相曲线起点与积分环节个数的关系、终点与分子分母阶次数的关系：

奈氏图的起点 起点的角度由纯积分环节的个数决定，一个积分环节提供 -90° 的相位偏移，当不存在纯积分环节的时候， $|G(j\omega)| = K$ ，起点为正实轴的 K 处。

令分子的最高阶次数为 n ，分母的最高阶次数为 m ，奈氏图的终点：



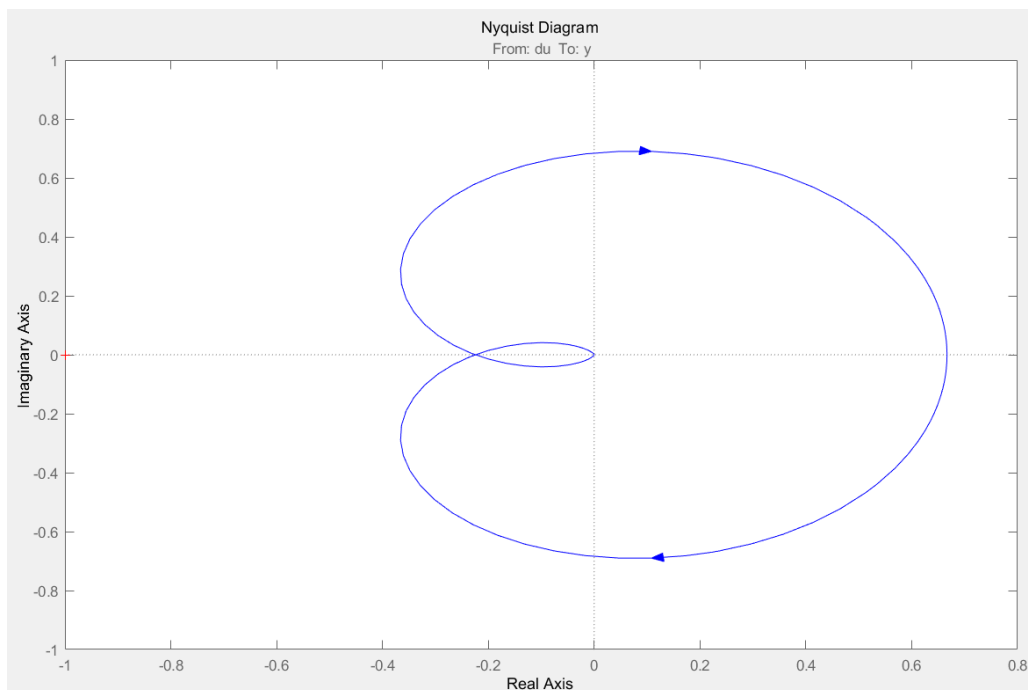
Bode 图中对数幅频与对数相频变化的关系：

- 1) 对于 $(j\omega)^{-m}$ 环节，绘制相角为 $(-m)90^\circ$ 的一条直线。
- 2) 对于 $(1 + j\omega T)^{\pm 1}$ 环节，转折频率处的相角 $\pm 45^\circ$

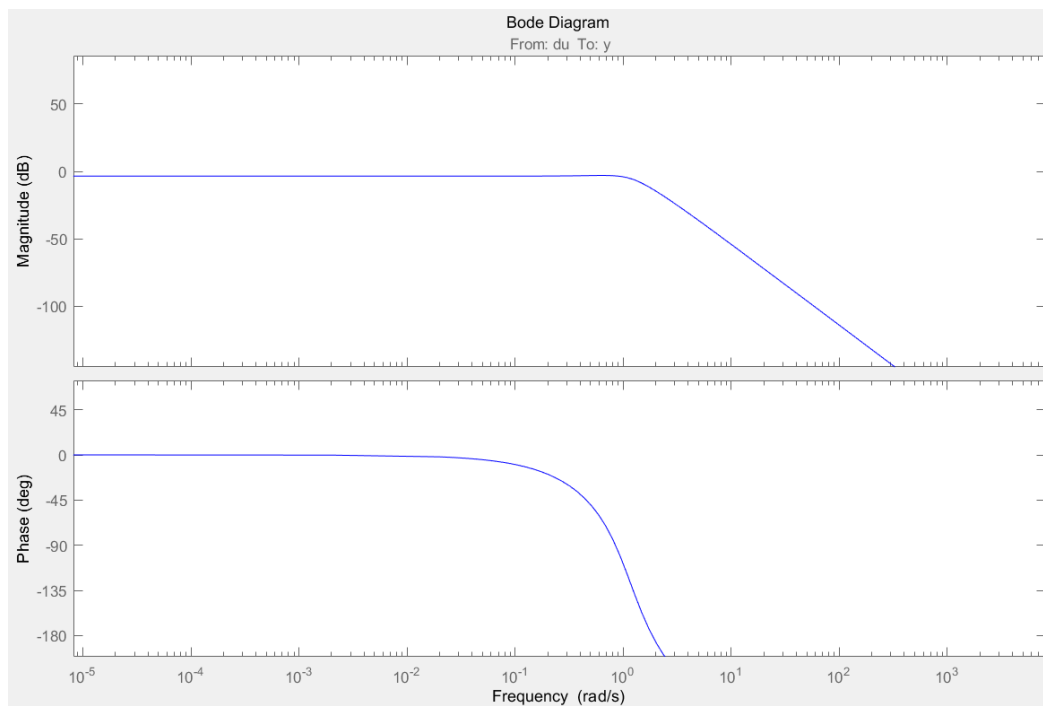
增加一个右半平面极点 (1,0) 使其变为非最小相位系统

$$G_2(s) = \frac{2}{(s-1)(s+1)(s^2+2s+1)}$$

系统的幅相特性曲线为



系统的 Bode 图为:

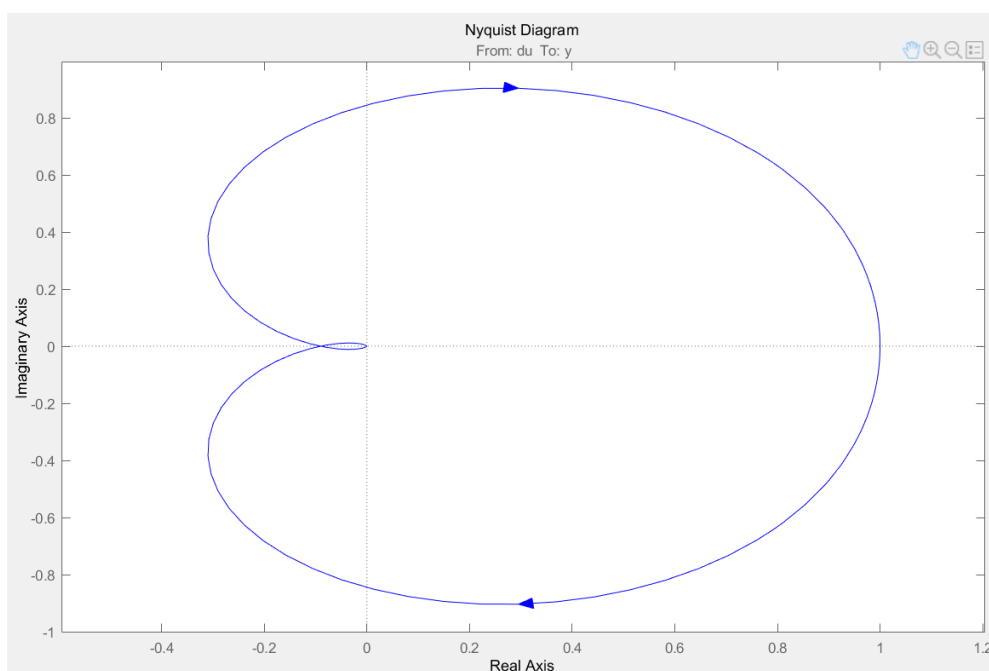


使用频率特性法，分析实验 2、3 中的系统结构的频率特性。改变系统参数，观察频率特性的变化。

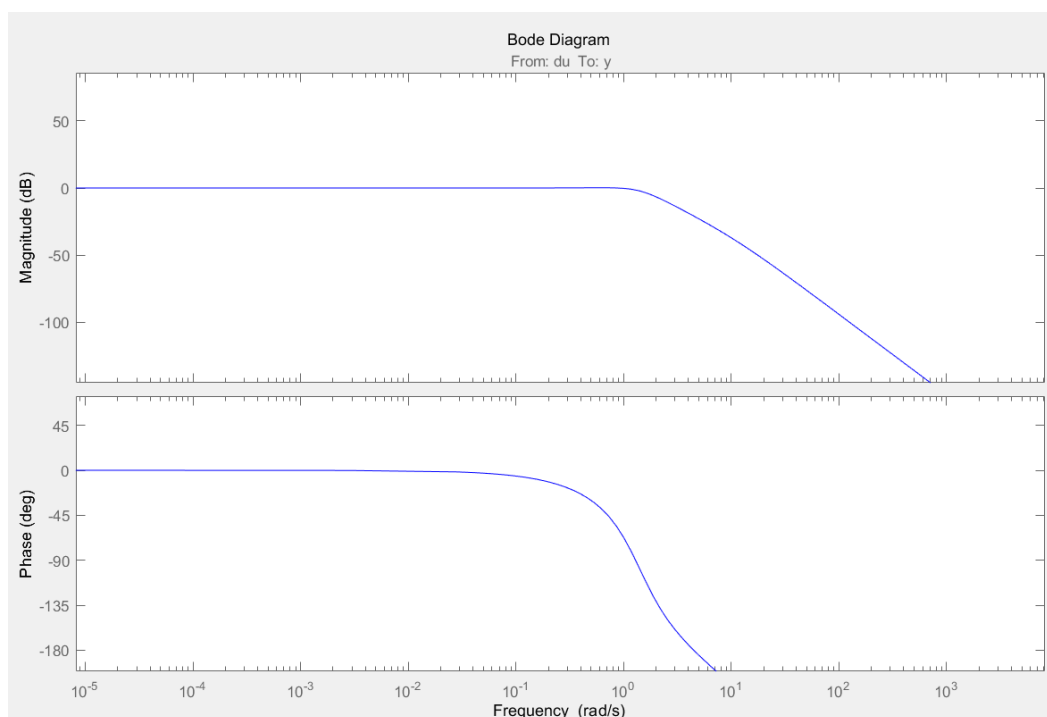
实验三中, I 型三阶系统的开环传递函数

$$G(s) = \frac{K}{s(0.1s + 1)(0.5s + 1)}$$

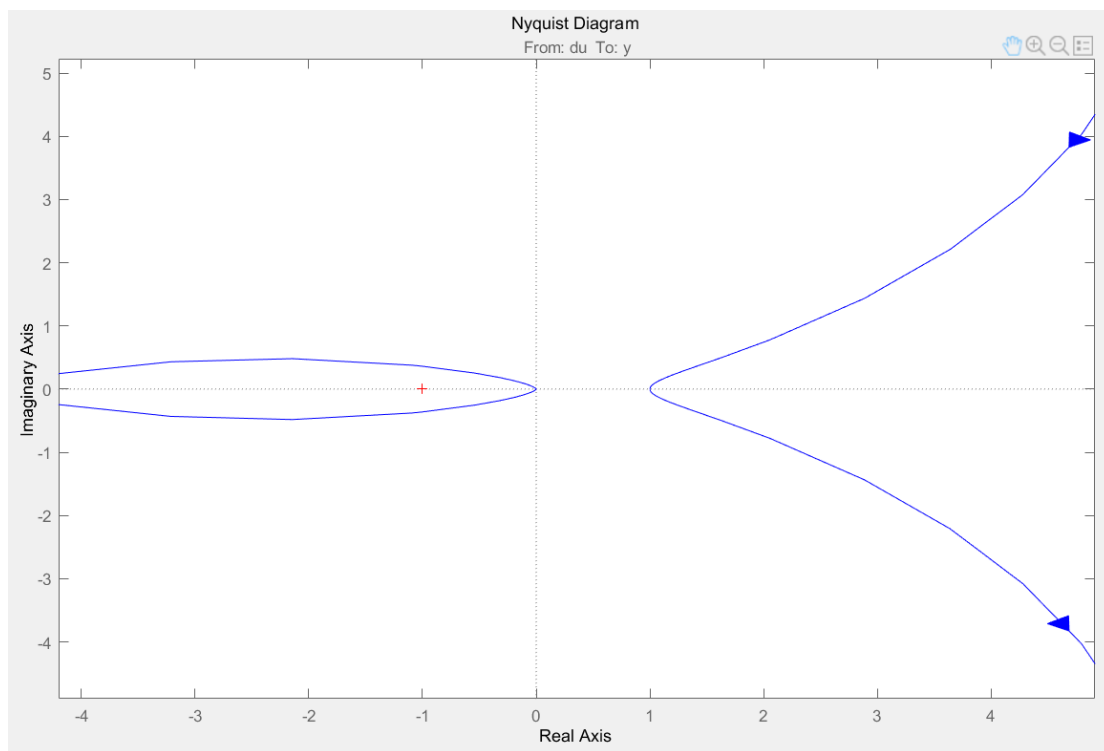
设 $K = 1$ ，幅相特性曲线为：



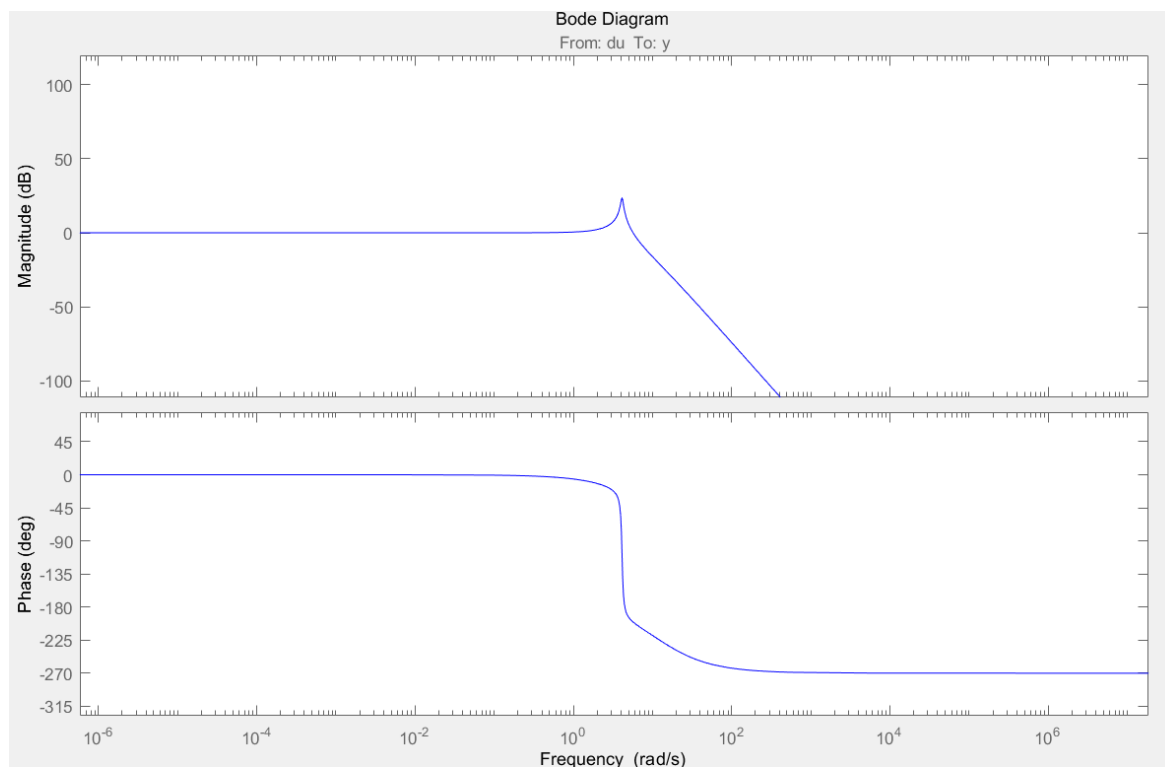
系统 Bode 图为：



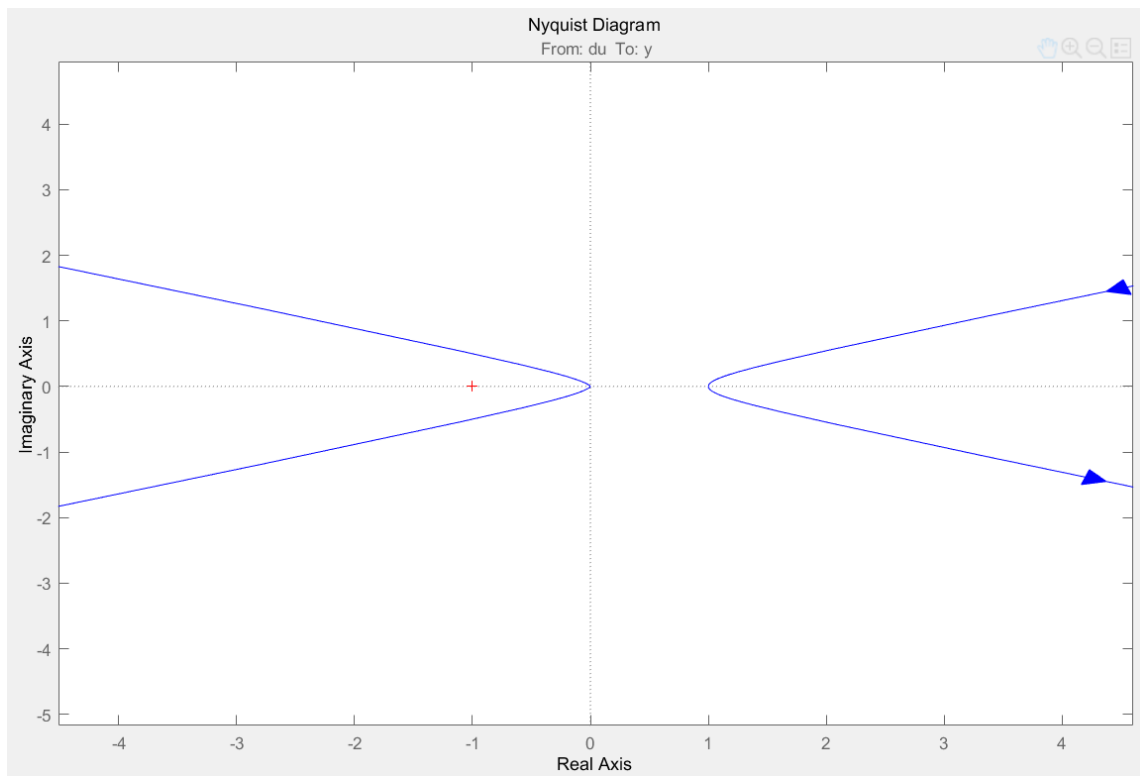
设 $K = 10$ ，系统的幅相特性曲线为：



系统 Bode 图为：



设 $K = 12$ ，系统的幅相特性曲线为：



系统 Bode 图为：

