

# 实验二 控制系统根轨迹和频域响应的计算机辅助分析法

姓名：褚勇 学号：2020331200003 班级：20电信工程1班

报告完成时间 Dec 13, 2022

## 一、实验目的

1. 掌握典型系统频率响应曲线 Bode 图的绘制方法；
2. 掌握典型系统频率响应曲线 Nyquist 图的绘制方法；
3. 熟悉在 Matlab 下稳定裕度的计算方法

## 二、相关知识点

### 1. 绘制根轨迹

```
rlocus(sys)
```

```
[k,p]=rlocfind(sys)
```

%在使用 rlocus 绘制出根轨迹后，运行本条命令，可以用十字光标点击根轨迹上的任意一点，

### 2. Bode 图命令格式

```
bode(sys)
```

```
bode(sys1,...,sysN)
```

```
bode(sys1,PlotStyle1,...,sysN,PlotStyleN)
```

```
[mag,phase]=bode(sys,w)
```

```
[mag,phase,wout]=bode(sys)
```

```
[mag,phase,wout,sdmag,sdphase]=bode(sys)
```

### 3. Nyquist 图命令

```
nyquist(sys)
```

```
nyquist(sys,w)
```

```
nyquist(sys1,...sysN)
```

```
nyquist(sys1,...sysN,w)
```

```
[re,im,w,sdre,sdim]=nyquist(sys)
```

### 4. 稳定裕度求解命令

margin(sys) %在 bode 图上直接标注出幅值裕量 (Gm)、相位裕量 (Pm)、剪切频率 (Wcg)，相位穿越频率 (Wcp)。

[Gm,Pm,Wcg,Wcp] = margin(sys)

稳定裕量的定义：

Wcg(Cut Gain Frequency) (幅值) 剪切频率：

$L(Wcg) = 20 \lg |G(jWcg)| = 0$ ;

在 Bode 图上穿越 0dB 线，或在 Nyquist 图上穿越单位圆时的角频率。

Pm(Phase Margin)相角裕量：当 Nyquist 图穿越单位圆或 Bode 图穿越 0dB线时，开环表明开环特性愈远离  $(-1, j0)$  点，相对愈稳定。Pm<0 是闭环不稳定的系统，Pm=0：临界自由振荡，Pm>0 稳定。

Wcp(Cut Phase Frequency)相位穿越频率： $\angle G(jWcp) = -\pi$ 。开环 Nyquist 曲线穿越负实轴时的角频率。

Gm(Gain Margin)幅值裕量：在 Nyquist 曲线穿越-180° 线时，幅值的倒数。

以分贝值表示即为： $Gm = 20(0 - \lg |G(jWcp)|) = -20 \lg |G(jWcp)|$ 。

Gm>0 稳定，否则不稳定 (包围-1+j0 点)。

### 三、实验内容

1. 已知单位反馈系统的开环传递函数为，画 Bode 图，Nyquist 图，并判断系统的稳定性

$$G = \frac{2083(s + 3)}{s(s^2 + 20s + 625)}$$

```
numerator = [2083 6249];  
denominator = [1 20 625 0];  
sys = tf(numerator, denominator);
```

*% Bode Diagram*

*% 是一个内建函数，用于创建一个新的空白图形窗口*

```
figure()
```

```
bode(sys);
```

*% grid on 命令用于在当前图形中显示网格。*

*% 这可以帮助用户更好地理解图形的结构和数据之间的关系。*

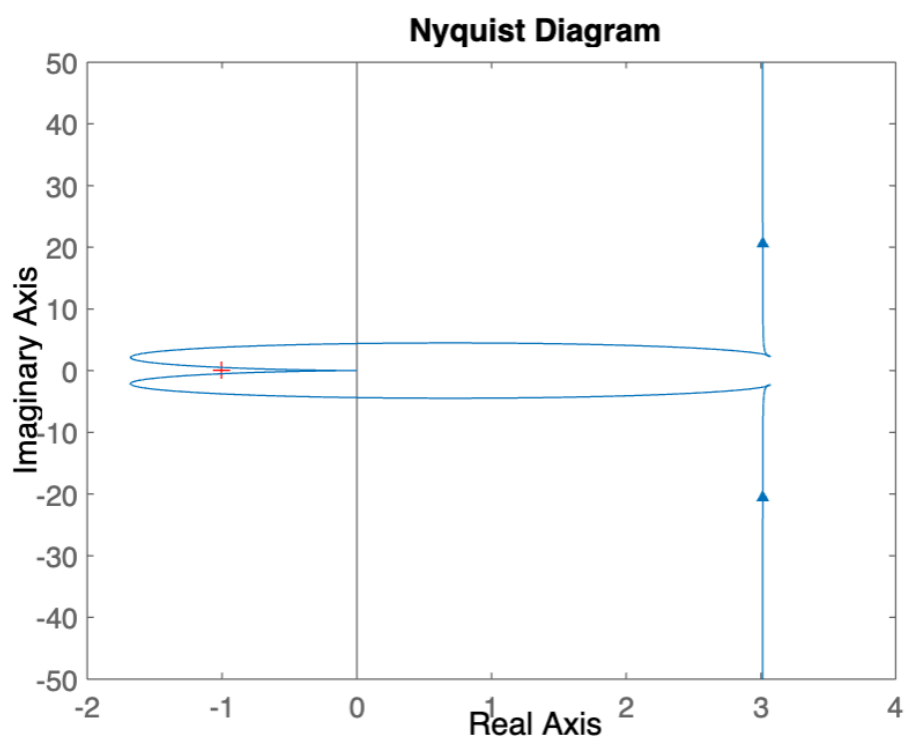
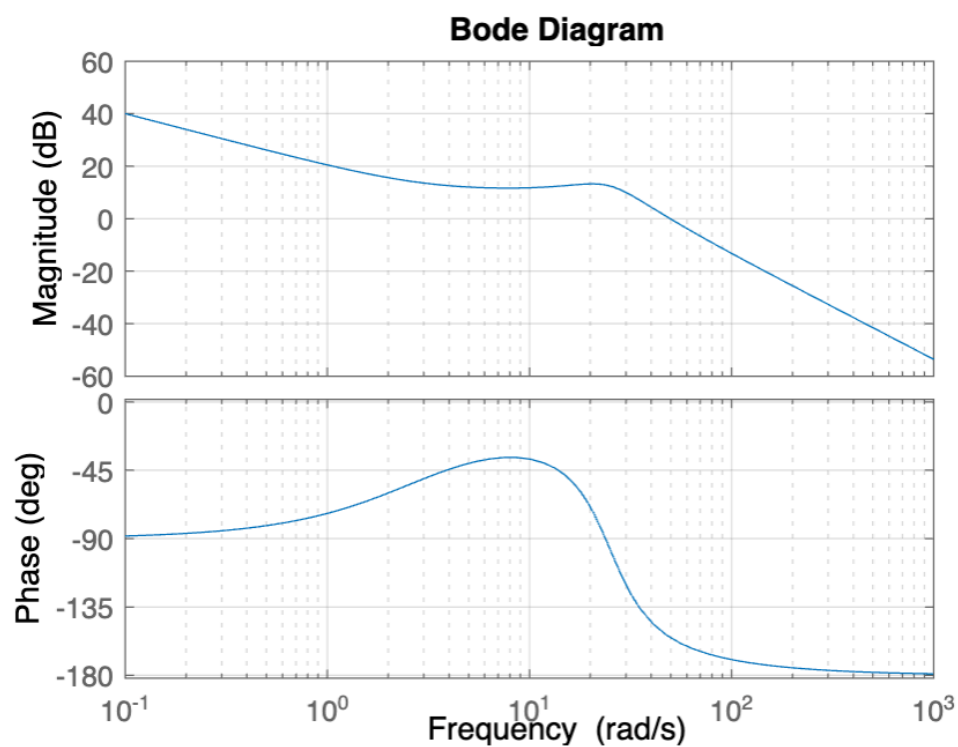
*% 例如，在绘制数据点的图形时，网格可以帮助用户更容易地查看数据点之间的相对位置和分布*

```
grid on;
```

*% Nyquist Diagram*

```
figure()
```

```
nyquist(sys);
```



通过bode图可以看出该系统的相角裕度和幅值裕度均大于0，所以该系统稳定。  
通过 Nyquist 图可以看出其开环频率特性曲线并不包围  $(-1, j_0)$  点，所以该系统稳定。

2. 给定单位反馈系统的开环传递函数为

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

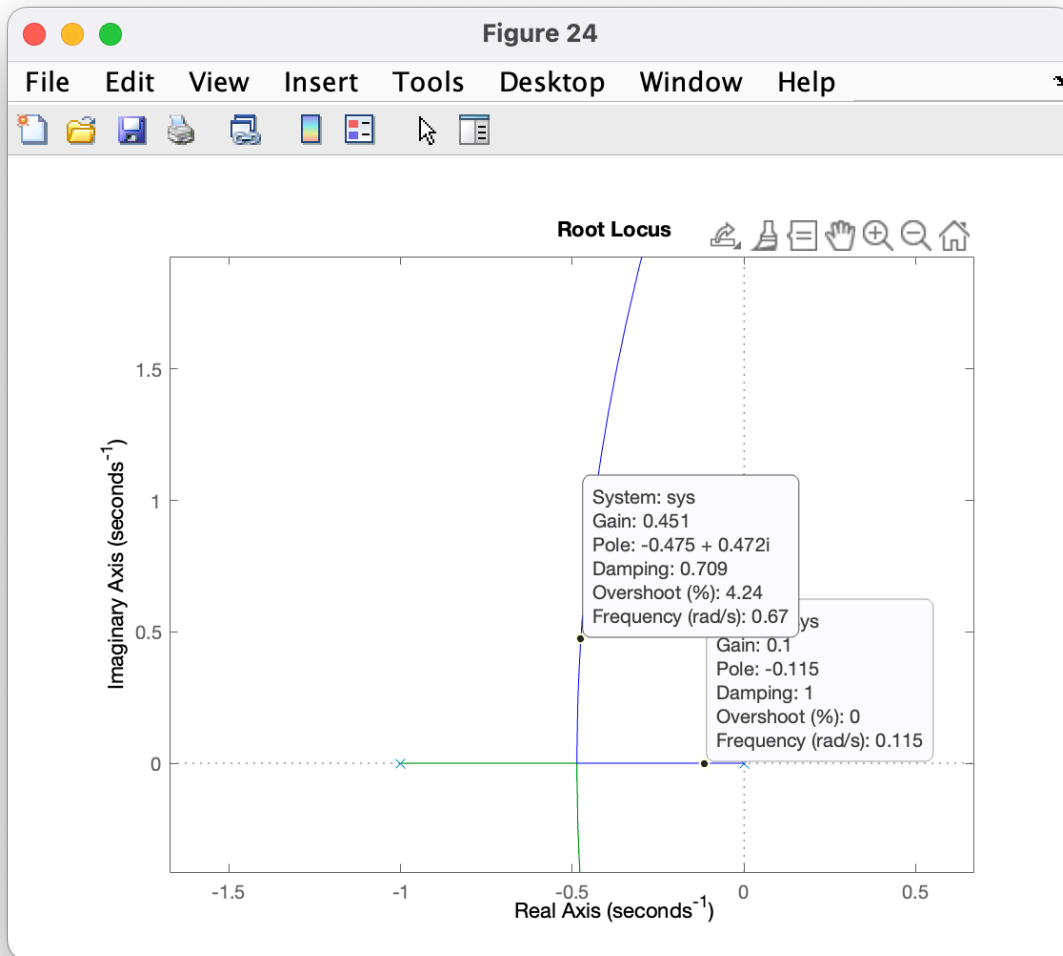
1. 绘制出系统的根轨迹；
2. 使用 rlocfind 计算使系统稳定的 K 值范围；
3. 如欲使闭环主导极点具有 0.707 的阻尼比，K=?
4. 使用 stepinfo 函数或 ltiview 工具计算和比较 K=5 与阻尼比为 0.707 时的闭环系统阶跃响应超调量、调节时间等各项参数。

```

numerator = [1]; % numerator coefficients
denominator = conv([1, 0], conv([1, 1], [0.1, 1])); % denominator coefficients
sys = tf(numerator, denominator); % create transfer function model

figure();
% 该函数会绘制系统的基本极点图，并且可以通过改变系统的 K 值来查看稳定性如何变化。
rlocus(sys); % compute and plot the root locus
[K, poles] = rlocfind(sys); % find the gain values that make the system stable

```



K 值范围约为 (0, 11)

如欲使闭环主导极点具有 0.707 的阻尼比,  $K = 0.451$

使用 `stepinfo` 函数或 `ltiview` 工具计算和比较  $K=5$  与阻尼比为 0.707 时的闭环系统阶跃响应超调量、调节时间等各项参数。

```
% stepinfo 是一个用于计算阶跃响应的参数的函数
% 它可以用来计算和比较一个闭环系统在不同参数下 (如 K 和阻尼比) 的阶跃响应。
K = 5; % 系统的增益
sys_cl = feedback(K*sys,1); % 闭环系统
stepinfo(sys_cl) % 计算阶跃响应信息
ltiview(sys_cl) % 使用 ltiview 工具计算阶跃响应信息

% 然后可以使用 step_info 中的属性 (如 Overshoot, SettlingTime 等) 来获取闭环
/**
ans =
```

```

        RiseTime: 0.5320
    TransientTime: 14.9169
    SettlingTime: 14.9169
    SettlingMin: 0.5261
    SettlingMax: 1.6792
    Overshoot: 67.9244
    Undershoot: 0
        Peak: 1.6792
    PeakTime: 1.5837
*/

% 0.707 的阻尼比, K = 0.451

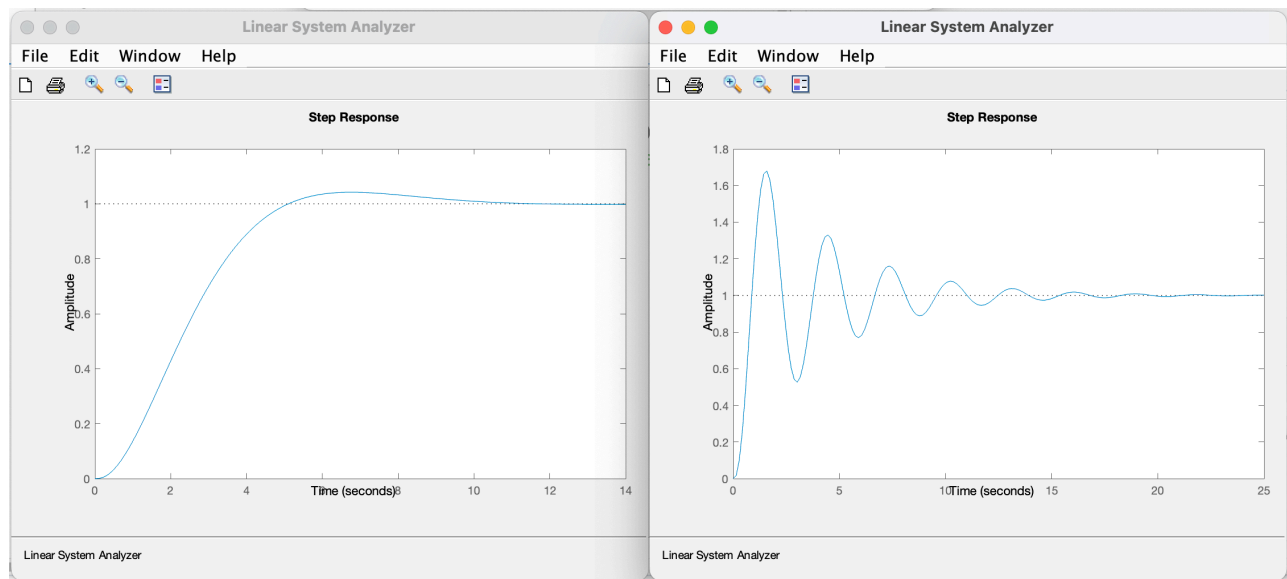
K = 0.451; % 系统的增益
sys_cl = feedback(K * sys,1); % 闭环系统 closed-loop system
stepinfo(sys_cl) % 计算阶跃响应信息
ltiview(sys_cl) % 使用 ltiview 工具计算阶跃响应信息

/**
ans =

    RiseTime: 3.2253
  TransientTime: 8.9923
    SettlingTime: 8.9923
    SettlingMin: 0.9124
    SettlingMax: 1.0422
    Overshoot: 4.2247
    Undershoot: 0
        Peak: 1.0422
    PeakTime: 6.7836

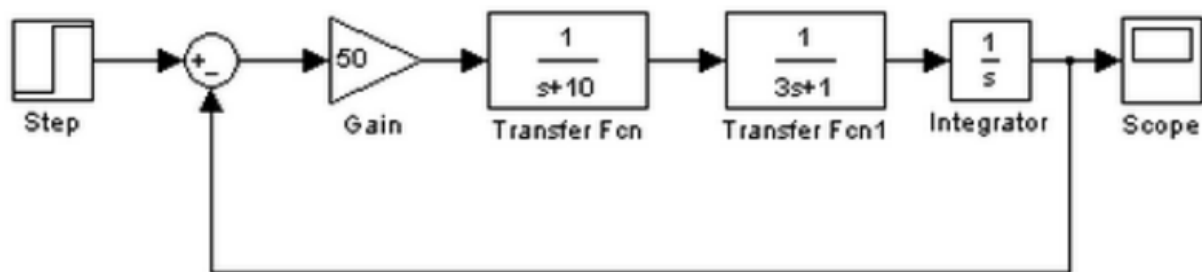
*/

```



当  $K$  增大，系统阻尼比增大导致系统的超调量增大，同时调节时间增加，系统的峰值时间减小，峰值阻尼比的增大而增大。

3. 某控制系统结构图如图所示



<1>、利用 Matlab 建立上述控制系统的数学模型；

```

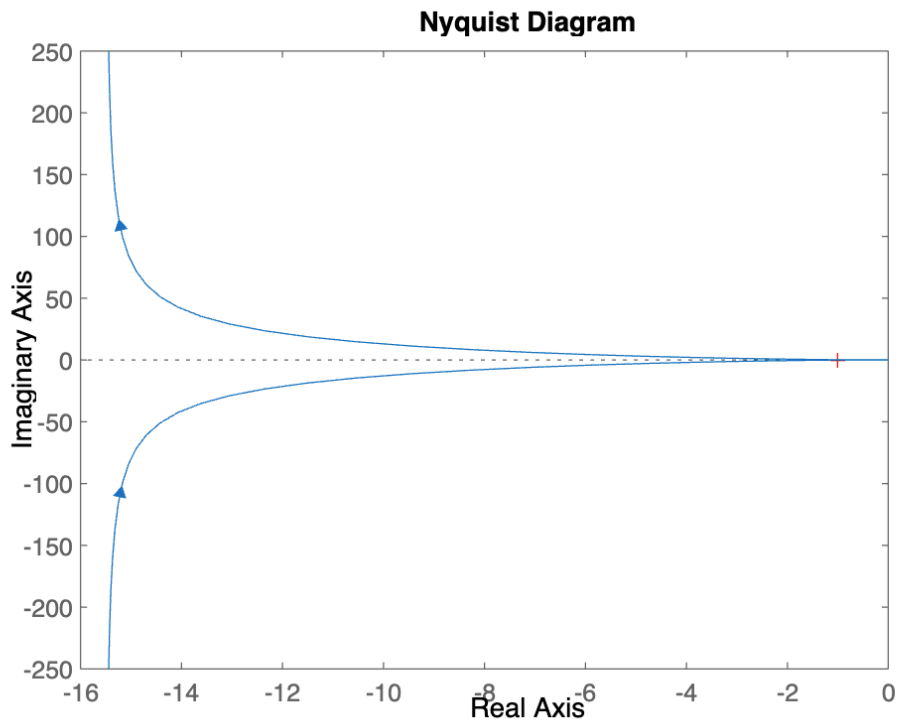
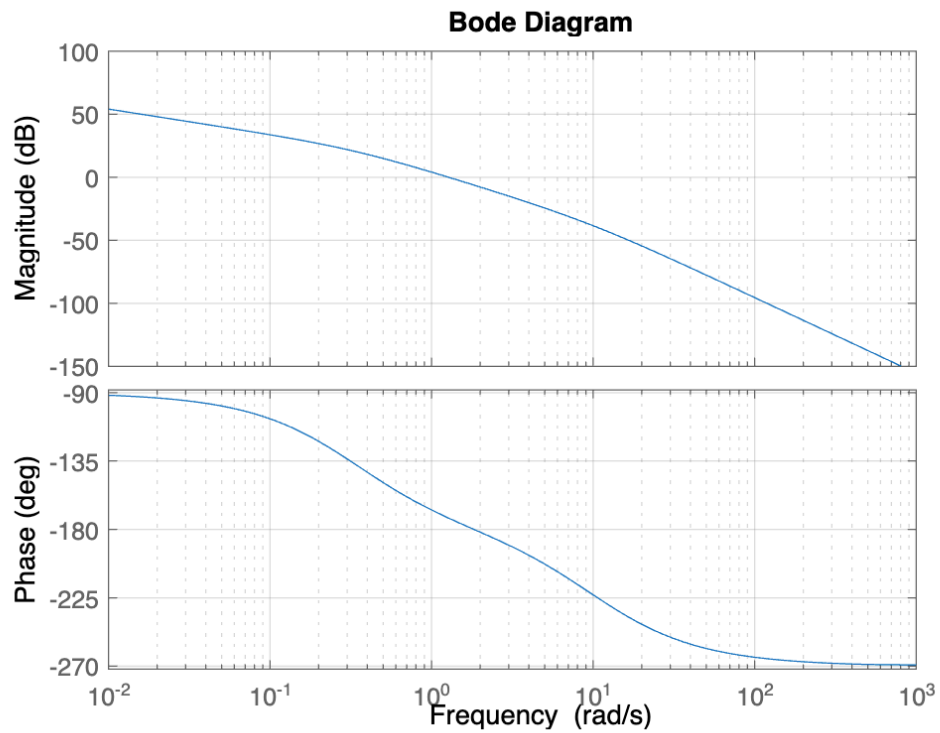
numerator = [50];
denominator = conv(conv([1, 10], [3, 1]), [1, 0]);
sys = tf(numerator, denominator);

figure()
% returns the magnitude and phase of the response at each frequency in
bode(sys);
grid on;

nyquist(sys);

```

<2>、绘制开环系统的 Bode 图和 Nyquist 曲线；



<3>、判断系统的稳定性，如不稳定，绘制闭环系统的零极点图，给出极点位置；

- 通过bode图可以看出该系统的相角裕度和幅值裕度均大于0，所以该系统稳定
- 由nyquist可以看出可以看出其开环频率特性曲线并不包围  $(-1, j_0)$  点，所以该系统稳定

<4>、计算系统的幅值裕度、相位裕度、相角穿越频率及幅值穿越频率；



```
% MARGIN(SYS) computes the gain margin Gm, the phase
% margin Pm, and the associated frequencies Wcg and Wcp, for the SI
% open-loop model SYS (continuous or discrete).
% crossover frequenciescollapse
```

```
/**
```

```
http://bbs.eeworld.com.cn/thread-649003-1-1.html
```

```
转折频率，剪切频率，截止频率，极点，零点的概念总结 [复制链接]
```

```
Gm = 2.0674 幅值裕度 gain margin
```

```
Pm = 7.5689 相角裕度 phase margin
```

```
Wcg = 1.8257 相位穿越频率 Phase crossover frequency
```

```
Wcp = 1.2645 幅值穿越频率 Gain crossover frequency 剪切频率
```

```
*/
```

<5>、绘制系统的阶跃响应曲线；

