



**哈尔滨工业大学（深圳）**  
Harbin Institute of Technology, Shenzhen

# 实验报告

课程名称: 自动控制原理实验(四)  
学生姓名: 方亮  
学生学号: 190410102  
学生专业: 自动化类  
开课学期: 2021年秋季学期  
报告时间: 2021年12月16日  
指导教师: 葛亚明

## 实验4 系统频域特性测试与分析实验报告

### 一、实验目的

1. 学习测量系统(或环节)频率特性曲线的方法和技能。
2. 测量模拟系统的开环频率特性曲线(对数幅频曲线和相频曲线)。

### 二、实验仪器

GSMT2014型直流伺服系统控制平台; 直流伺服系统电空箱  
PC(Matlab平台)

### 三、实验原理

(简述实验原理, 写出对数幅频特性和相频特性的计算公式)

$$R(s) \rightarrow \boxed{G(s)} \rightarrow C(s)$$

$$G(j\omega) = \frac{C(j\omega)}{R(j\omega)} = \left| \frac{C(j\omega)}{R(j\omega)} \right| \angle \frac{C(j\omega)}{R(j\omega)}$$

$$20\lg|G(j\omega)| = 20\lg|C(j\omega)| - 20\lg|R(j\omega)|$$

$$\angle G(j\omega) = \angle \frac{C(j\omega)}{R(j\omega)} = \angle C(j\omega) - \angle R(j\omega)$$

$$G(s) = \frac{20}{0.09s+1}, |G(j\omega)| = \frac{20}{\sqrt{(0.09\omega)^2+1}}, \angle G(j\omega) = -\arctan 0.09\omega$$

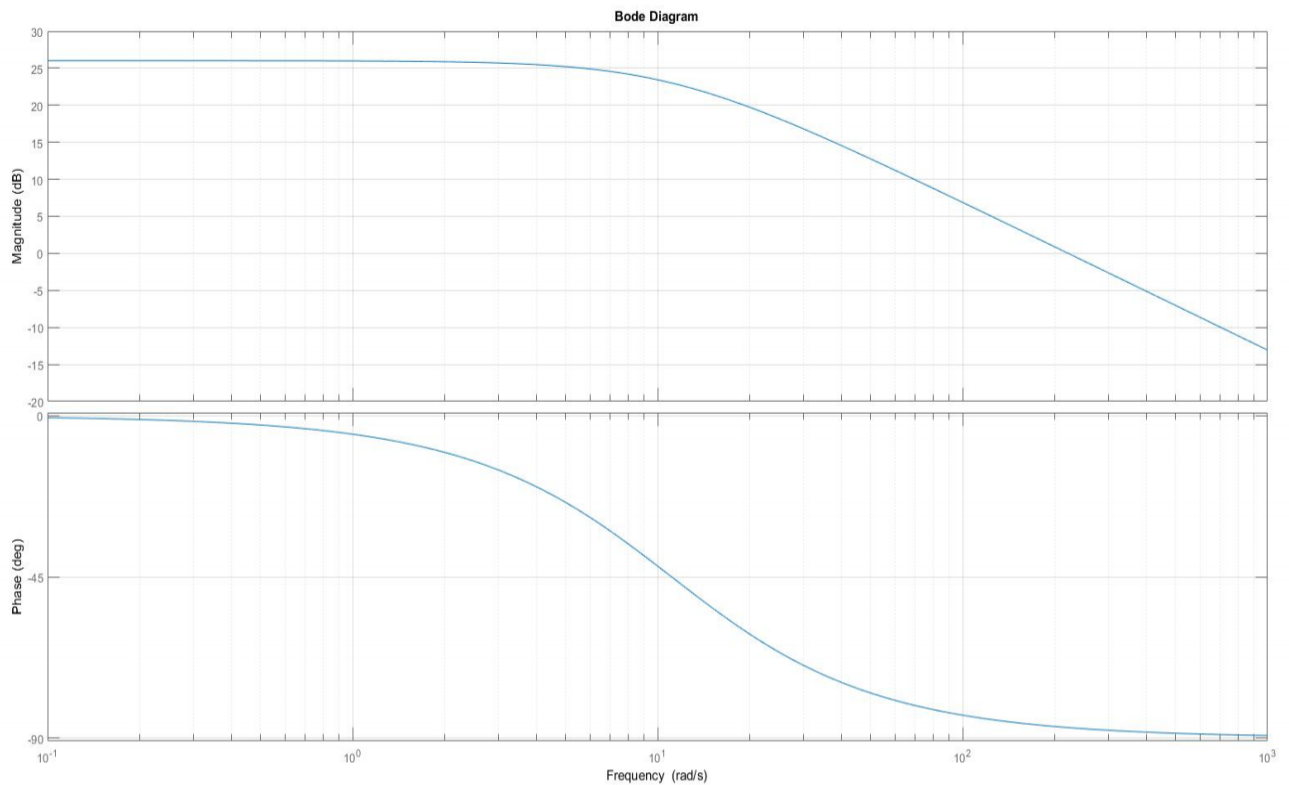
据此, 分别测量相应输出  $C(t)$  和输入  $R(t)$  的幅值和相位(在不同离散频率输入下), 根据实验开环对数幅频曲线画出开环对数幅频曲线的渐近线, 再根据渐近线的斜率和转角频率确定频率特性。

对于最小相位系统而言, 实际测得相频曲线必须与由确定频率特性(或传递函数)所画出的理论相频曲线在一定程度上相符。

$$R(s) \rightarrow \boxed{\frac{20}{0.09s+1}} \rightarrow C(s) \Rightarrow \begin{cases} |G(j\omega)| = \frac{20}{\sqrt{(0.09\omega)^2+1}} \\ \angle G(j\omega) = -\arctan 0.09\omega \end{cases}$$

## 四、实验数据记录与分析

1. 系统的开环幅频特性曲线与相频特性曲线如下：



作图MATLAB代码：

%%理论值

```
tt=logspace(0.1,3,  
1e5);G=tf([20],[0.09  
,1]);  
bode(G,tt)
```

在幅值曲线上选择幅值为 0dB 的点得到  $\omega_c = 221 \text{ rad/s}$ ；在相频曲线上选择  $\omega_c$  对应的点得到相角裕度  $\gamma = 92.9^\circ$ 。

(相角为  $-87.1^\circ$ ，相角裕度  $\gamma = 180^\circ + \Delta\phi = 92.9^\circ$ )

2. 分别读取各频率下 C 的波峰值、波谷值，以及 C 与 R 对应的波峰时间，记录入下表：

$\omega$		0.5	1	2	3	5	10
C	波峰值	18.91	18.94	18.82	18.33	16.22	14.93
	波谷值	-17.7	-17.12	-17.84	-16.74	-17.01	-13.79
R	波峰值	1	1	1	1	1	1
	波谷值	-1	-1	-1	-1	-1	-1

注意：n≥3

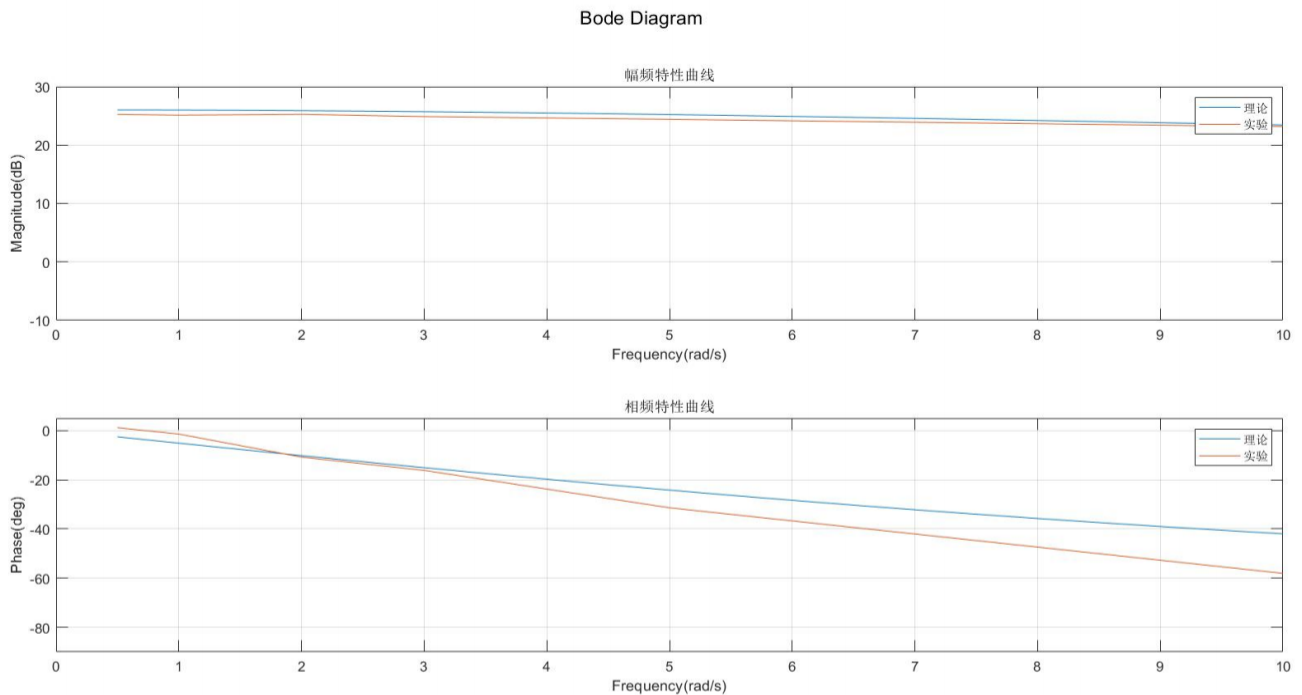
$\omega$		0.5	1	2	3	5	10
C 波峰 时间	第 n 周期	28.35	14.321	7.191	4.847	2.926	1.518
	第 n+1 周期	41.045	20.495	10.384	6.895	4.202	2.141
	第 n+2 周期	53.427	26.722	13.479	8.979	5.473	2.779
R 波峰 时间	第 n 周期	28.35	14.147	7.056	4.692	2.839	1.415
	第 n+1 周期	41.006	20.451	10.298	6.813	4.085	2.044
	第 n+2 周期	53.584	26.864	13.417	8.933	5.348	2.675

3. 根据采集的实验数据，计算得出系统的幅值和相位，如下表。

$$\phi(\omega) = \omega \cdot (t_1 - t_2) \cdot \frac{360}{2\pi} \quad (\phi(\omega) \text{ 为记录三个周期的平均值})$$

$\omega$	0.5	1	2	3	5	10
20lgC	25.25	25.12	25.26	24.88	24.41	23.16
20lgR	0	0	0	0	0	0
20lgL	25.25	25.12	25.26	24.88	24.41	23.16
$\Phi(\omega)$	1.13°	-1.45°	-10.81°	-16.21°	-31.42°	-58.06°

4. 由上表中的  $20\lg L$ 、 $\Phi$  绘出开环系统的频率特性曲线。



MATLAB代码:

```
%理论值
ww=0.5:0.1:10;
L_theroy=20./sqrt((0.09*ww).^2+1);
LL_theroy=20.*log10(L_theroy);
T_theroy=-atan(0.09*ww/1)*180/pi;
% hold on,grid on
figure,subplot(211),hold on,box on,
grid on,semilogx(ww,LL_theroy)
subplot(212),hold on,box on,grid on
semilogx(ww,T_theroy)

%实验值
ww=[0.5 1 2 3 5 10];
LL_exp=[25.25 25.12 25.26 24.88 24.41 23.16];
T_exp=[1.13 -1.45 -10.81 -16.21 -31.42 -58.06];
subplot(211)
semilogx(ww,LL_exp)
xlabel('Frequency(rad/s)');ylabel('Magnitude(dB)')
ylim([-10,30]),legend('理论','实验'),title('幅频特性曲线')
subplot(212)
semilogx(ww,T_exp)
xlabel('Frequency(rad/s)');ylabel('Phase(deg)')
ylim([-90,5]),legend('理论','实验'),title('相频特性曲线')
suptitle('Bode Diagram')
```

## 五、思考

1. 传递函数概念适用于什么系统?
2. 系统输入正弦信号的幅值能太大吗, 能太小吗, 应该如何选取?
3. 若需要测量系统内部某个环节或闭环系统的频率特性, 如何测量?

### 1. 线性连续系统(零状态)

2. ①若幅值过大, 响应和输出可能超过系统的线性区域则会产生波形失真(即可能出现平顶正弦)

②若幅值太小, 信噪比小, 输出可能受干扰噪声影响大, 同样会降低响应幅值和峰值时间的测量精度。

③应根据理论或经验求出线性区域和幅频响应曲线, 在增大输入幅值的情况下, 得到输出不发生失真的最大输入幅值。以此作为各输入频率对应下的输入幅值为最佳。

3. (1) 测量内部环节: 断开该环节后, 按照开环系统频率特性测量方法测量。

(2) 闭环系统: ①可根据理论推导, 用开环系统的频率特性求得。

根据  $\Phi(j\omega) = \frac{G(j\omega)}{1 + G(j\omega)H(j\omega)}$  得到

②也可将整个闭环系统当作一个开环系统来进行测量:

给定频率输入的正弦信号, 测量输入、输出的幅值和相位, 同样计算可求得闭环系统的频率特性。