

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

1. GSMT2014 型直流伺服系统控制平台；直流伺服系统电控箱；PC（MATLAB 平台）

三、实验原理

当输入正弦信号时，线性系统的稳态响应具有随频率而变化的特性。当控制系统的输入信号不是正弦函数，而是其他形式的周期或非周期函数，都可以用傅里叶级数展开成正弦波的叠加，此时系统频率特性定义为系统输出量的傅氏变换与输入量的傅氏变换之比。

系统（或环节）的频率特性 $G(j\omega)$ 是一个复变量，可以表示成以角频率 ω 为参数的幅值和相角：设被测系统的原理方框图如图所示，是相应的结构图

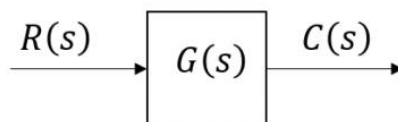


图 4.1 所示系统的开环频率特性为

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

采用对数幅频特性和相频特性表示

$$20 \lg |G(j\omega)| = 20 \lg \left| \frac{C(j\omega)}{R(j\omega)} \right| = 20 \lg |C(j\omega)| - 20 \lg |R(j\omega)|$$

和

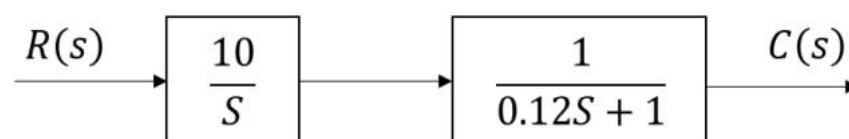
$$\angle G(j\omega) = \angle \frac{C(j\omega)}{R(j\omega)} = \angle C(j\omega) - \angle R(j\omega)$$

将系统产生的超低频正弦信号的频率从低到高变化，并施加于被测系统的输入端 $R(t)$ ，然后分别测量相应的输出信号 $C(t)$ 和输入信号 $R(t)$ 的对数幅值和相位。

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（或传递函数）。所确定的频率特性（或传递函数）的正确性可以由测量的相频曲线来检验，对最小相位系统而言，实际测量所得的相频曲线必须与由确定的频

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

本实验为测量直流伺服电机控制系统的频率特性，其系统结构图为：



幅频特性

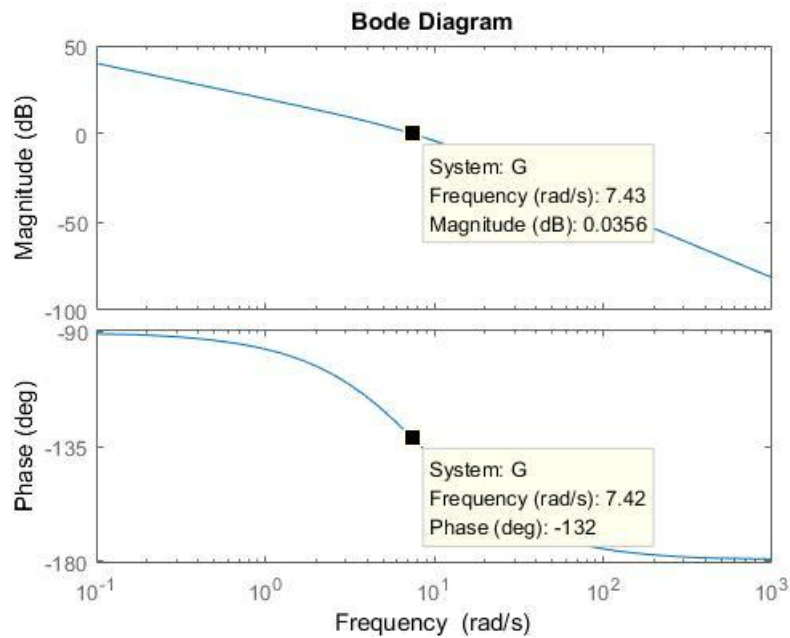
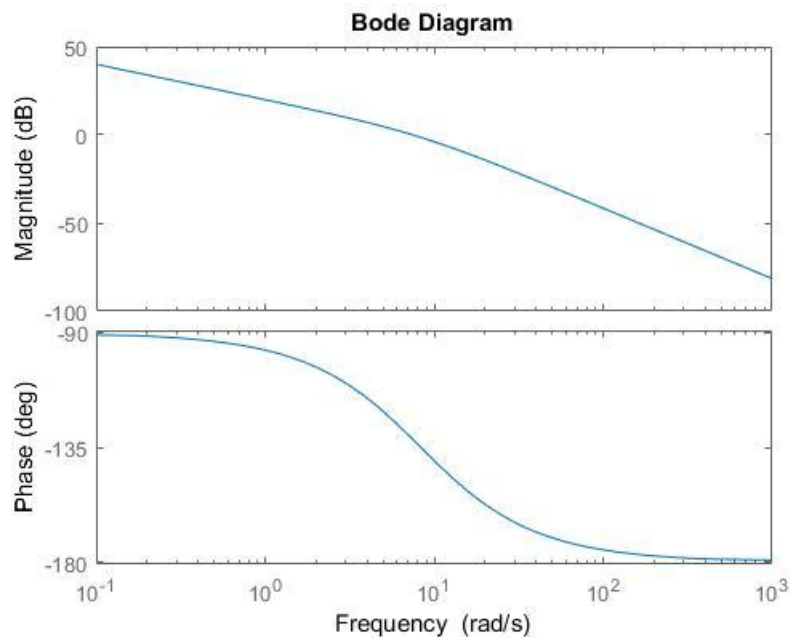
$$L(\omega) = \frac{10}{\sqrt{\omega^2 + (0.12\omega)^2}}$$

相频特性

$$\varphi(\omega) = -90^\circ - \arctan(0.12\omega)$$

四、实验数据记录与分析

1、编写代码，画出系统的开环幅频特性曲线和相频特性曲线。



在幅值曲线上选择幅值为 0dB 的点，得到 $\omega_c=7.43\text{rad}$

在相频曲线上选择 ω_c 对应的点，得到相角裕度 $\gamma = 48^\circ$

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：

ω		0.5	1	2	3	5	10
C	波峰值	20.86	21.28	20.68	20.66	19.54	15.32
	波谷值	-21.03	-20.2	-20.49	-19.73	-18.37	-15.34
R	波峰值	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99	1.00
	波谷值	-0.99	-0.99	-1.00	-1.00	-0.99	-1.00

注意： $n \geq 3$

ω		0.5	1	2	3	5	10
C 波峰 时间	第 n 周期	40.970	20.686	10.395	6.958	4.242	2.179
	第 n+1 周期	53.647	26.845	13.462	9.027	5.493	2.794
	第 n+2 周期	66.202	33.114	16.595	11.183	6.760	3.426
R 波峰 时间	第 n 周期	40.910	20.359	10.235	6.827	4.066	2.039
	第 n+1 周期	53.404	26.682	13.462	8.896	5.333	2.671
	第 n+2 周期	65.020	33.114	16.437	10.965	6.600	3.294

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。

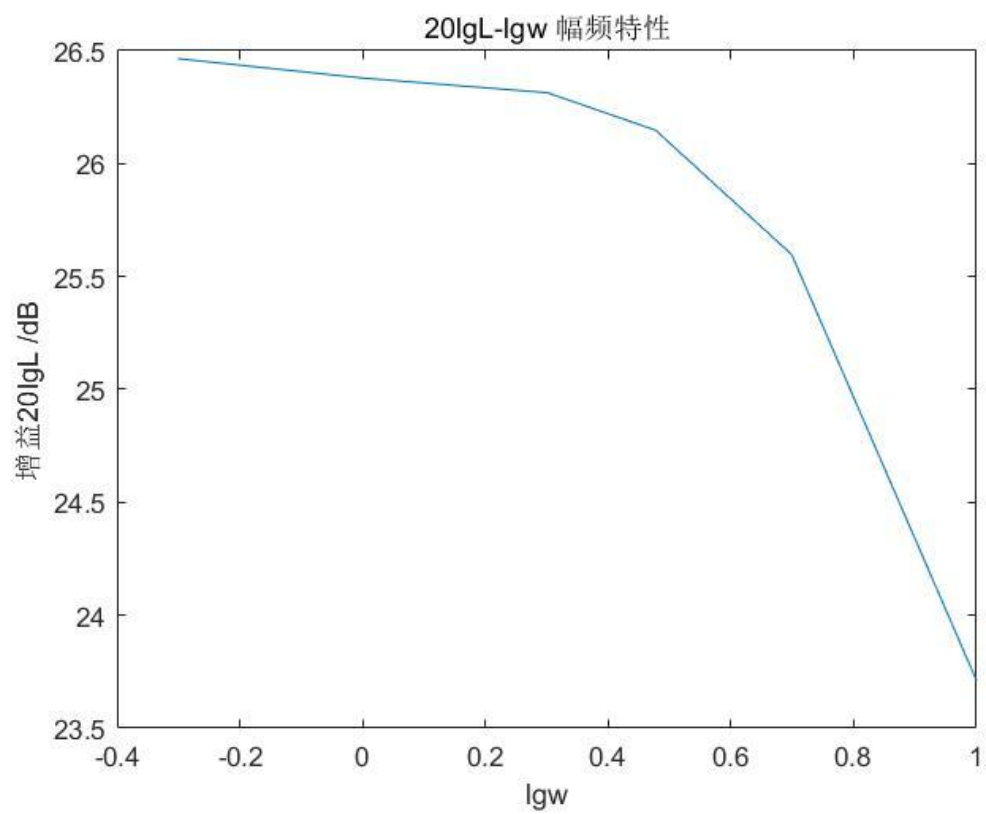
$$\phi(\omega) = \omega(t_1 - t_2) \frac{360}{2\pi} \quad (\phi(\omega) \text{ 为记录三个周期的平均值}), R \text{ 为输入幅值, } C \text{ 为输出幅}$$

$$\text{值, } L = \frac{C}{R}.$$

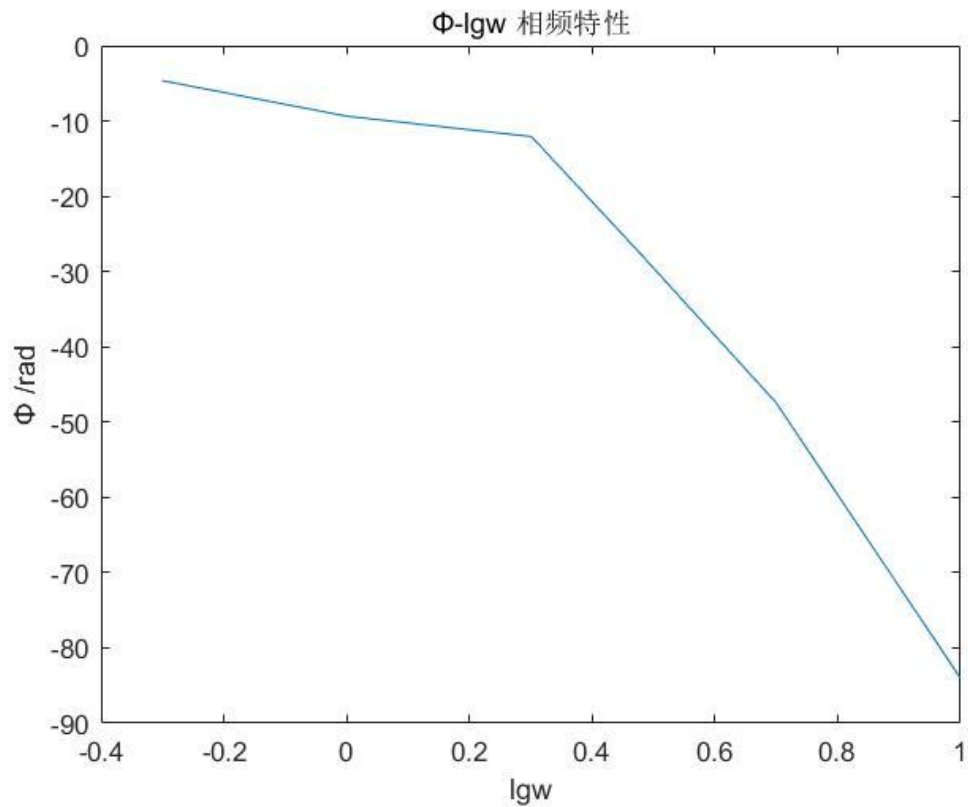
ω	0.5	1	2	3	5	10
20lgC	-0.043	-0.043	-0.043	-0.043	-0.043	0
20lgR	26.422	26.336	26.271	26.105	25.554	23.711
20lgL	26.465	26.379	26.314	26.148	25.597	23.711
$\Phi(\omega)$	-4.631	-9.358	-12.070	-27.502	-47.365	-84.034

4、由上表中的 20lgL、 Φ 绘出开环系统的频率特性曲线。

幅频特性：



相频特性：



五、思考

1. 传递函数概念适用于什么系统？

单输入单输出的线性定常系统

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？

太大振荡时容易超量程，太小则不好读数造成误差

应选择量程的百分之 80 左右

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？

输入一个正弦信号，测量系统响应进入平稳过程即没有暂态分量时的输出信号

系统幅频特性为输出信号幅值/输入信号幅值，相频特性为输出信号相角减输入信号相角

更换输入正弦信号频率，多次测量得到频率从 0 到无穷时的幅频特性和相频特性

整合数据得到系统的频率特性