



北京航空航天大学
BEIHANG UNIVERSITY

自动控制原理实验 A

(1)

实验报告

院系名称: 自动化科学与电气工程学院-自动化系

学 号: 16711094

姓 名: 李翰韬

指导教师: 王 薇

2018 年 11 月 27 日

实验三 频率特性测试与频域分析法建模实验

实验时间：11月27日下午8/9节 实验编号：无 同组同学：无

一、实验目的

1. 掌握频率特性的测试原理及方法。
2. 学习根据所测定出的系统的频率特性，确定系统传递函数的方法。

二、实验过程与结果

1. 数值计算与原理分析

测定给定环节的频率特性。

系统模拟电路图及系统结构图如下：

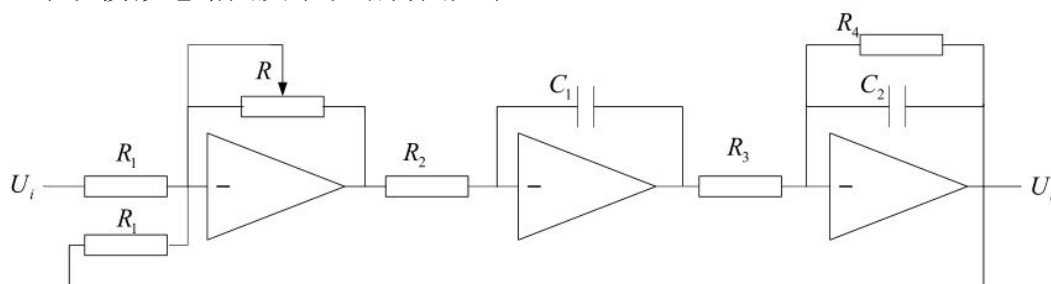


图1 系统模拟电路图1

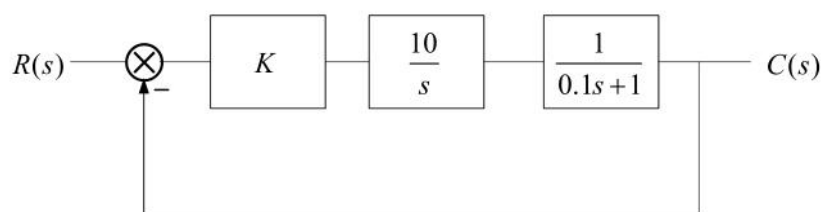


图2 系统模拟电路图2

其中，电路器件参数取值如下：

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 100\text{k}\Omega, C_1 = C_2 = 1\text{ }\mu\text{F}$$

系统传递函数为：

$$\text{取 } R = R_1 = 100\text{k}\Omega, \text{ 则 } K=1, \quad G(S) = \frac{100}{S^2 + 10S + 100}$$

$$\text{取 } R = 2R_1 = 200\text{k}\Omega, \text{ 则 } K=2, \quad G(S) = \frac{200}{S^2 + 10S + 200}$$

则当正弦输入信号为 $U_i(t) = A_1 \sin(\omega t)$ ，则当输出达到稳态时，其输出信号为 $U_o(t) = A_2 \sin(\omega t + \phi)$ 。改变输入信号频率 $f = \frac{\omega}{2\pi}$ 值，便可测得二组 A_2/A_1 和 ϕ 随 f (或 ω) 变化的数值，这个变化规律即为系统的幅频特性和相频特性。

2. 实验过程

I、当 $K=1$ 时，记录输入与输出信号幅值 A_1 与 A_2 及转折频率 $\omega_n=9.5$ 。实验过程图像如图所示：

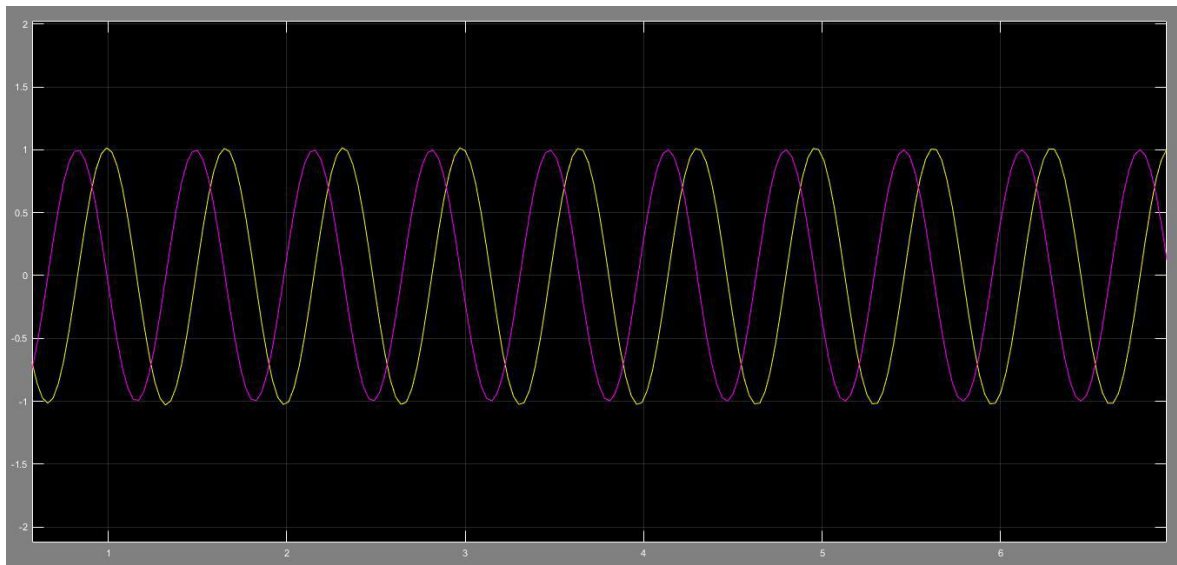


图3 正弦波信号曲线

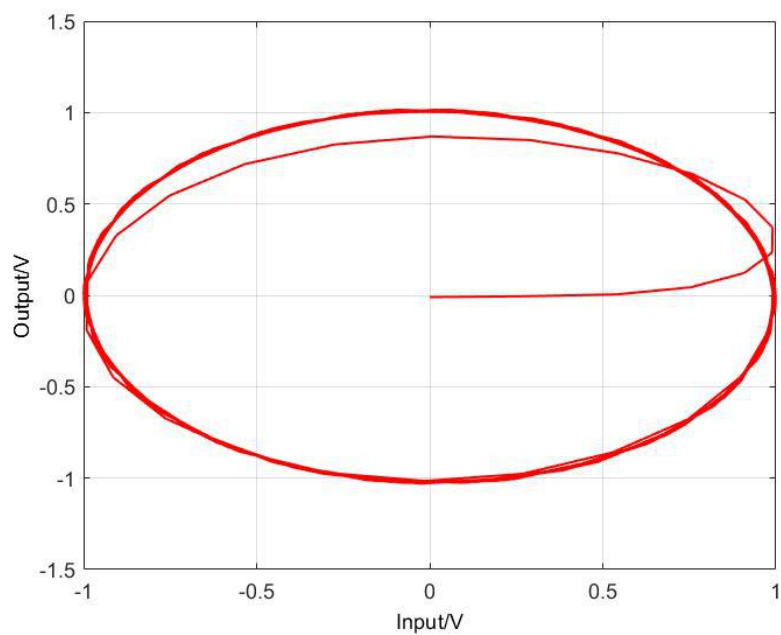


图4 $\omega = 9.5$ 时的李沙育图形

之后,在 ω_n 前后各取三组数值,得到数据如下表(李沙育图形截图见附录):

编号	1	2	3	4	5	6	7
ω	6	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	13
Y_0	0.8252	1.015	1.06	1.016	0.8982	0.7471	0.542
A_2/A_1	1.113	1.118	1.084	1.016	0.9277	0.8203	0.6689
Y_0/Y_m	0.7414	0.9079	0.9779	1	0.9682	0.9108	0.8103
φ	-47.85	-65.22	-77.93	-90	-104.49	-114.38	-125.87

则可作K=1时频率特性曲线如下：

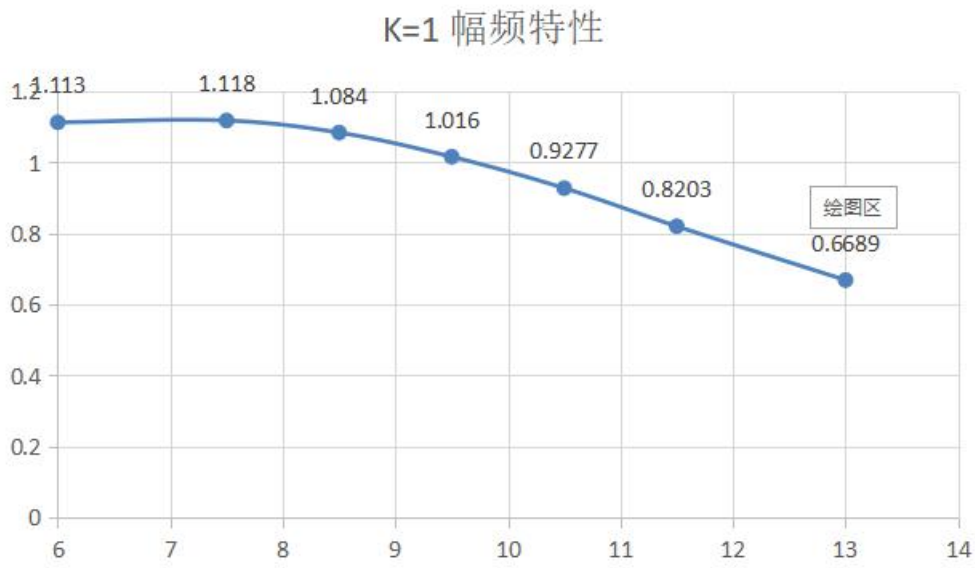


图5 K=1幅频特性

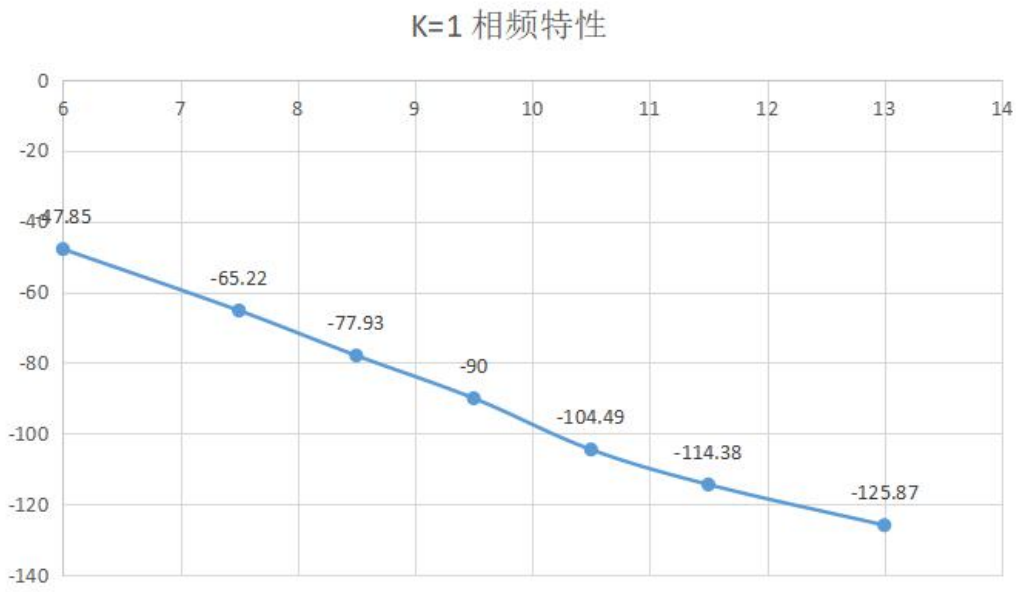


图6 K=1相频特性

II、当 $K=2$ 时，记录输入与输出信号幅值 A_1 与 A_2 及转折频率 $\omega_n=16$ 。实验过程图像如图所示：

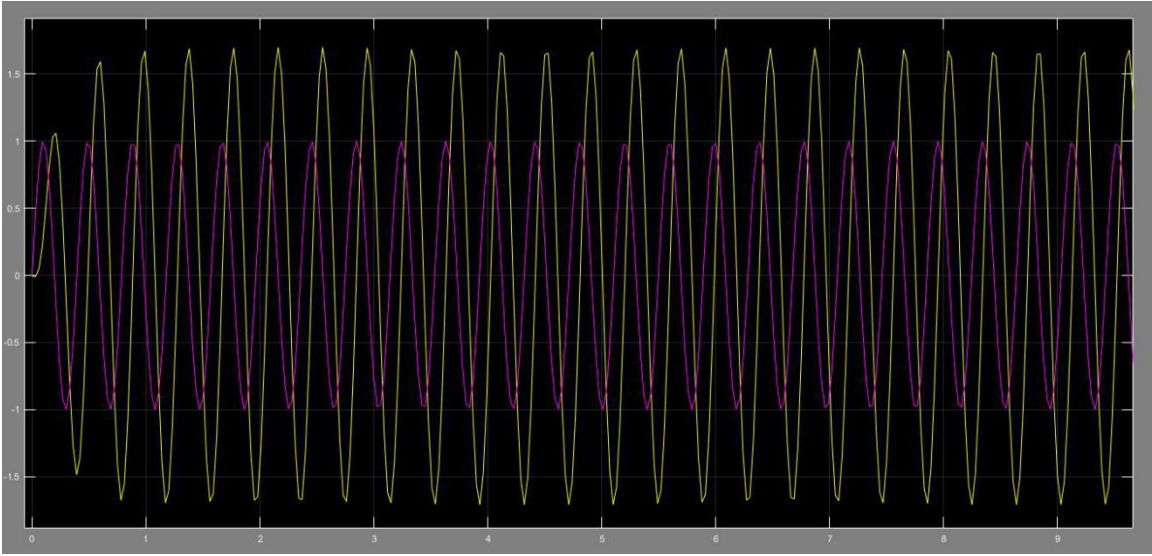


图 7 正弦波信号曲线

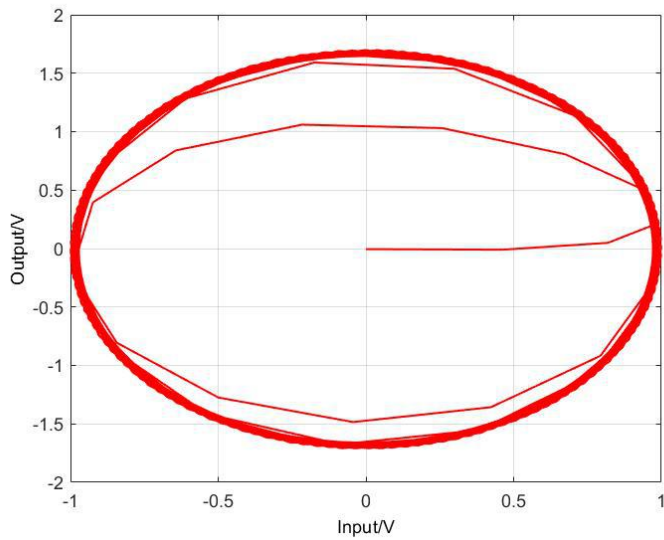


图 8 $\omega=16$ 时的李沙育图形

之后，在 ω_n 前后各取三组数值，得到数据如下表（李沙育图形截图见附录）：

编号	1	2	3	4	5	6	7
ω	10	12	14	16	18	20	22
Y_0	0.7861	1.123	1.514	1.699	1.411	0.9033	0.5176
A_2/A_1	1.318	1.504	1.646	1.699	1.533	1.245	0.9766
Y_0/Y_m	0.596	0.747	0.919	1	0.920	0.725	0.53
φ	-36.58	-48.33	-66.78	-90	-113.07	-133.53	-147.99

则可作 K=2 时频率特性曲线如下：

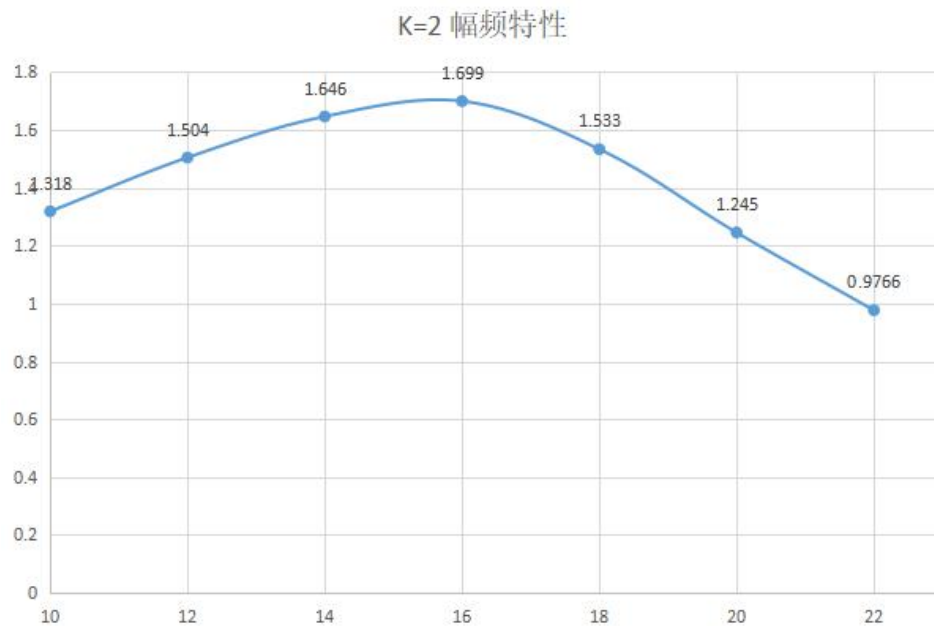


图 9 K=2 幅频特性

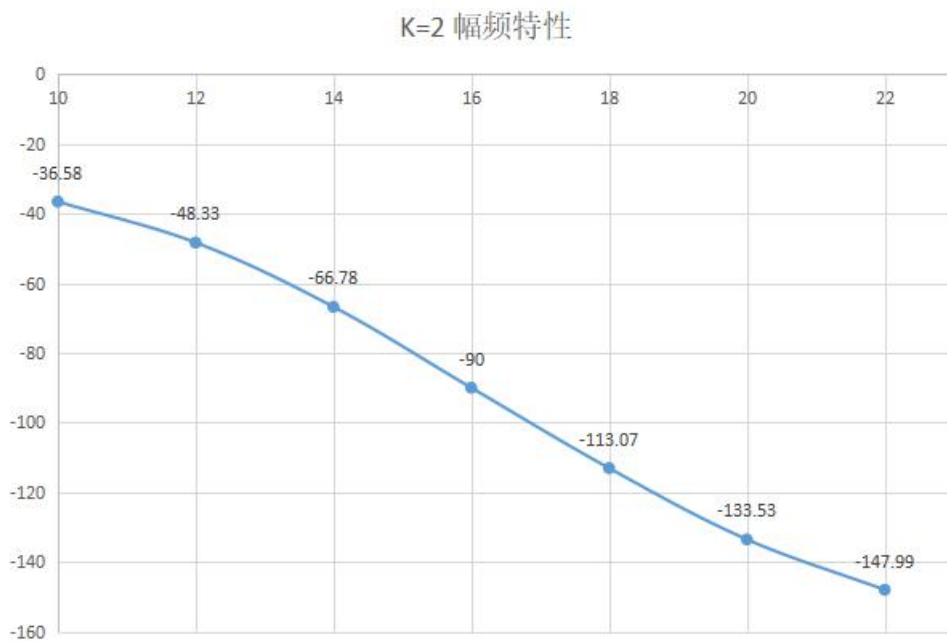


图 10 K=2 相频特性

三、结果分析

1~3已在上文写出

4、依据测得数据，可计算出系统传递函数，过程如下：

已知振荡环节的传递函数为：
$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$$

I、当K=1:

$A_m = \frac{1}{2\zeta\sqrt{1-\zeta^2}}$ ，将上面表格中的最大数据代入可知为1.118，通过计算解得 $\zeta=0.5257$ ，对应的频率 $\omega_m=7.5\text{Hz}$ ，又由于 $\omega_m = \omega_n\sqrt{1-2\zeta^2}$ ，可以算出 $\omega_n=11.09\text{Hz}$ 。因此，计算得出的传递函数为 $G(s)=\frac{123}{s^2+11.6s+123}$ 。与设计的传递函数 $G(s)=\frac{100}{s^2+10s+100}$ 基本一致，略有误差，而如果是将条件 $G(s)=\frac{100}{s^2+10s+100}$ 代入，可知 $\omega_n=10$ ， $\zeta=0.5$ ， $A_m = \frac{1}{2\zeta\sqrt{1-\zeta^2}} = 1.155$ 。

II、当K=2:

$A_m = \frac{1}{2\zeta\sqrt{1-\zeta^2}}$ ，将上面表格中的最大数据代入可知为1.699，通过计算解得 $\zeta=0.3093$ ，对应的频率 $\omega_m=16\text{Hz}$ ，又由于 $\omega_m = \omega_n\sqrt{1-2\zeta^2}$ ，可以算出 $\omega_n=14.79\text{Hz}$ 。因此，计算得出的传递函数为 $G(s)=\frac{218.7}{s^2+9.14s+218.7}$ 。与设计的传递函数 $G(s)=\frac{200}{s^2+10s+200}$ 基本一致，略有误差，而如果是将条件 $G(s)=\frac{200}{s^2+10s+200}$ 代入，可知 $\omega_n=14.14$ ， $\zeta=0.3536$ ， $A_m = \frac{1}{2\zeta\sqrt{1-\zeta^2}} = 1.494$ 。

四、收获、体会及建议

1.课后思考题:

A.二阶系统的转折频率就是对应的标准传递函数中 $G(s)=\frac{\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$ 的 ω_n 。因此将系统整体参数代入公式计算后，发现它和R与C有关，因此改变系统的相关R与C，就能够改变对应的 ω_n ，从而进一步改变转折频率。

B.电网运行频率属于电能质量众多基本指标中的一个，同时频率也能很好的显示出系统的运行状态。正常的情况下，系统负荷发生扰动时，那么系统中的在线发电机组的调速系统就开始以自动响应的方式调节发电机组的出力大小,使得整个系统的功率回归平衡，从而保证系统的频率偏差在系统运行所运行的正常范围内。但是，如果系统发生重载的线路开短、子系统解列、大发电机组的跳闸、非常大的负荷扰动等时，系统的功率平衡的状态遭破坏,依靠正常的调节系统也

无法维持系统的功率频率，那么系统频率就会出现急剧下降的或者上升，甚至会发生系统崩溃，大片的地方发生停电现象。所以说通过得到系统的频率特性，可以更好地保护电网。

2、体会

与实验结果相比较，可以看出与测量值与理论值基本吻合，说明在误差范围内实验正确。

同时可以看出，实际测量值与理论值仍旧存在一定误差，原因可能有以下几点：

I、试验箱中电阻、电容取值不精确，滑动变阻器存在滑丝、偏移等现象，在实验过程中造成阻值浮动，数据不准确，形成误差。

II、运算放大器的理论放大倍数和实际放大倍数有差别。

III、导线接触不良，存在误差。

IV、在利用Matlab读数fig文件时，分度值较大，无法读出精确数值。

V、测量数据太少，无法测出精确点。

实验中应选取更多的试验点进行测量，以增强图像的可读性。

以下为附录

