

机械控制工程实验

实验指导书

机电技术实验室
2012 年 12 月 8 日

实验一 二阶系统的阶跃响应

一、实验目的

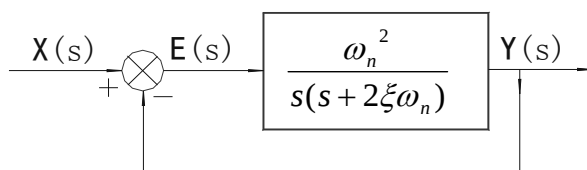
1. 学习二阶系统阶跃响应曲线的实验测试方法。
2. 研究二阶系统的两个重要参数 ζ 、 ω_n 对阶跃瞬态响应指标的影响。

二、实验设备

1. XMN-2 型控制理论实验装置。
2. CAE—PCI 虚拟仪器。
3. 万用表。

三、实验内容

典型二阶系统方块图



其闭环传递函数：

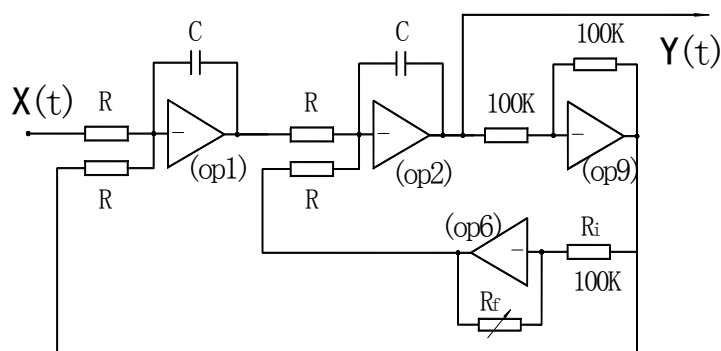
$$\frac{Y(S)}{X(S)} = \frac{\omega_n^2}{S^2 + 2\zeta\omega_n S + \omega_n^2}$$

ω_n ——无阻尼自然频率

ζ ——阻尼比

$\omega_n = \frac{1}{T}$ T ——时间常数

模拟电路图



运算放大器运算功能：

(op1)——积分 $\left(-\frac{1}{TS}, T = RC\right)$ ；

(op2)——积分 $\left(-\frac{1}{TS}, T = RC\right)$ ；

(op9)——反相 (-1) ；

(op6)——反比例 $\left(-K, K = \frac{R_f}{R_i}\right)$

$$\omega_n = \frac{1}{T} = \frac{1}{RC} (\text{rad/s})$$

$$\zeta = \frac{K}{2} = \frac{1}{2} \times \frac{R_f}{R_i}$$

1. 调整 $R_f=40K$, 使 $K=0.4(\zeta=0.2)$; 取 $R=1M$, $C=0.47\mu$, 使 $T=0.47$ 秒($\omega_n=1/0.47$), 加入单位阶跃扰动 $X(t)=1(t)V$, 记录响应曲线 $Y(t)$, 记作①。
2. 保持 $\zeta=0.2$ 不变、阶跃扰动 $X(t)=1(t)V$ 不变, 取 $R=1M$, $C=1.47\mu$, 使 $T=1.47$ 秒($\omega_n=1/1.47$), 记录响应曲线 $Y(t)$, 记作②。
3. 保持 $\zeta=0.2$ 不变、阶跃扰动 $X(t)=1(t)V$ 不变, 取 $R=1M$, $C=1.0\mu$, 使 $T=1.0$ 秒 ($\omega_n=1/1.0$), 记录响应曲线 $Y(t)$, 记作③。
4. 保持 $\omega_n=1/1.0$ 不变, 阶跃扰动 $X(t)=1(t)V$ 不变, 调整 $R_f=80K$, 使 $K=0.8(\zeta=0.4)$, 记录响应曲线 $Y(t)$, 记作④。
5. 保持 $\omega_n=1/1.0$ 不变, 阶跃扰动 $X(t)=1(t)V$ 不变, 调整 $R_f=200K$, 使 $K=2.0(\zeta=1.0)$, 记录响应曲线 $Y(t)$, 记作⑤。

以上内容用表格表示为:

ξ $\omega = \frac{1}{T}$	0.2	0.4	1.0
$\frac{1}{0.47}$	①		
$\frac{1}{1}$	③	④	⑤
$\frac{1}{1.47}$	②		

分别标出各条曲线的 $M_p(t_p)$ 、 t_s , 将曲线①、②、③进行对比; ③、④、⑤进行对比; 将③中的 $M_p(t_p)$ 、 t_s 与理论值进行比较。

四、思考题

1. 推导模拟电路的闭环传递函数 $\frac{Y(S)}{X(S)}$ = ? 确定 ω_n 、 ζ 和 R , C , R_f , R_i 的关系。
2. 若模拟实验中 $Y(t)$ 的稳态值不等于阶跃输入函数 $X(t)$ 的幅度, 其主要原因可能是什么?

实验二线性系统稳定性的研究

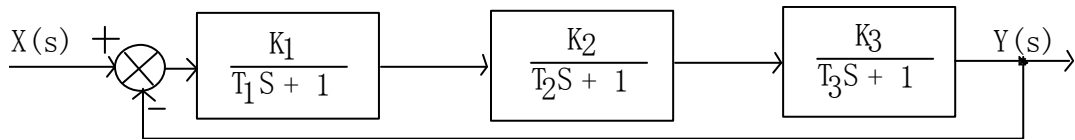
一、实验目的

1. 研究线性系统的开环比例系数 K 对稳定性的影响。
2. 研究线性系统的时间常数 T 对稳定性的影响。

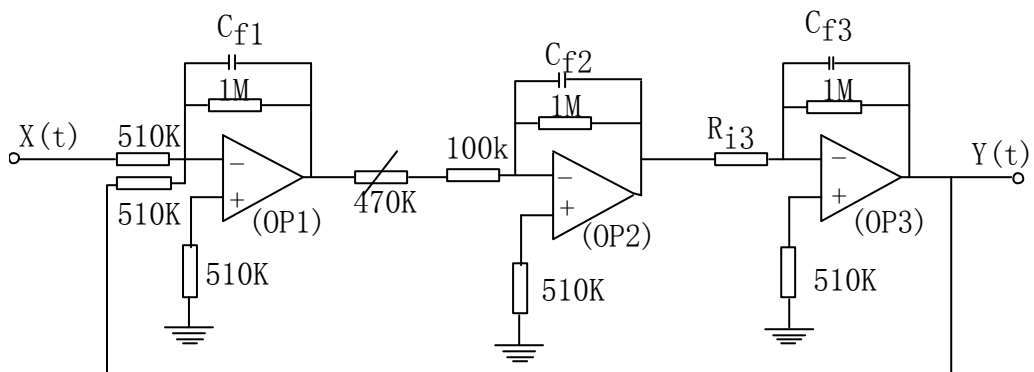
二、实验设备

1. XMN-2 型控制理论实验装置。
2. CAE—PCI 虚拟仪器。
3. 万用表。

三、实验内容



三阶系统方块图



三阶系统模拟电路图

图中： $K_1=2$ ； $K_2=\frac{1M}{100K + W_R}$ ； $K_3=\frac{1M}{R_{i3}}$ ； $K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$

$T_1=1M \cdot C_{f1}$ ； $T_2=1M \cdot C_{f2}$ ； $T_3=1M \cdot C_{f3}$ 。

1. 求取给定三阶系统的临界开环比例系数 K_{j1} ；给定三阶系统如上图所示，其中：

$C_{f1}=C_{f2}=C_{f3}=0.47\mu$ ； $R_{i3}=1M$ 。

临界开环比例系数 K_j 的求取方法：

- (1) 先将电位器 W_R 置于最大(470K)。
- (2) 加入 $X=0.5V$ 的阶跃扰动。
- (3) 调整 W_R 使系统输出 y 呈等幅振荡，记录此输出 y 。
- (4) 保持 W_R 不变，断开反馈线，维持 $X=0.5V$ 的扰动，测取系统输出电压 U_y 。

则： $K_j = \frac{U_y}{X}$

2. 系统的开环比例系数 K 对稳定性的影响。对于前面给定的三阶系统：

(1) 适当调整 W_R ，观察 K 增大； K 减小时的系统响应曲线。

(2) 记录当 $K = \frac{1}{2} K_{j1}$ 时的系统响应曲线。

(3) 记录当 $K = \frac{5}{4} K_{j1}$ 时的系统响应曲线。

3. 系统中各时间常数的比例系数 α 对稳定性的影响：

设三阶系统为：
$$\frac{K}{(T_1 S + 1)(T_2 S + 1)(T_3 S + 1)}$$

其中： $K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$ ； $T = 0.47$ 秒

$T_1 = \frac{T}{\alpha}$ ； $T_2 = T$ ； $T_3 = \alpha T$ 。

(1) 求取该三阶系统在 $\alpha=2$ 时的临界开环比例系数 K_{j2} ，记录此时的系统响应曲线。

(2) 记录该系统在 $\alpha=5$ ； $K=K_{j2}$ 时系统响应曲线。

(3) 记录该系统在 $\alpha=1$ ； $K=K_{j2}$ 时系统响应曲线。

4. 绘制系统的稳定性能图谱：

对于上述三阶系统，记 K_{j1} ； K_{j2} ； K_{j3} 分别为 $\alpha=1$ ； $\alpha=2$ ； $\alpha=5$ 时的临界开环比例系数。以(2)；

(3)内容中的曲线为基础，依下面格式，绘制该系统的稳定性能图谱。

α	K_{j1}	K_{j2}	K_{j3}
1	①	④	⑦
2	②	⑤	⑧
5	③	⑥	⑨

绘制系统稳定性能图谱的格式

说明：

(1) 曲线①～⑥， $X=0.5V$ ；曲线⑦～⑨， $X=0.1V$

(2) 虚拟示波器参数（包括横坐标时间范围、纵坐标幅值范围）需要依据实际情况调整。

(3) 绘制图谱可按①，②，③，⑤，⑥，④，⑨，⑧，⑦的顺序进行，（⑦可不作）

(4) 在绘制曲线⑦～⑨前，要想 $K=K_{j3}$ 需要使 $R_{i3}=200K$ 。

四、思考题：

1. 计算三种三阶系数的临界开环比例系数 K_j 及其呈现等幅振荡的自振频率 ω_j ，并将它们与实验结果比较。
2. 三阶系统的各时间常数怎样组合时，系统的稳定性最好？怎样组合时，稳定性最差？
3. 根据实验结果，总结开环比例系数 K 及时间常数 T 影响系统稳定性的规律。