实验一 线性系统时域特性分析预习

实验案例学习

1. 二阶系统时域动态性能指标

针对二阶系统$\frac{Y(s)}{U(s)}=\frac{\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$标准传递函数，当$\zeta=0$时称为无阻尼，$0<\zeta<1$时称为欠阻尼，$\zeta=1$时称为临界阻尼，$\zeta>1$时称为过阻尼。当输入阶跃信号时，表征系统输出的动态性能指标一般包括超调量M_p、稳态时间t_s、稳态误差$e_{ss}(\Delta)$、上升时间t_r和峰值时间t_p，各参数的含义如图2.3.1所示。

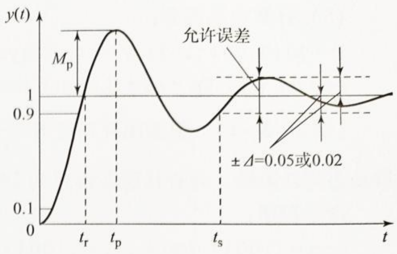

图 2.3.1 二阶系统响应曲线

（1）超调量M_p：反映系统的平稳性，指系统输出曲线第一个波的峰值与给定值的最大偏差$y(t_p)$与终值之差的百分比，即$M_p=\frac{y(t_p)-y(\infty)}{y(\infty)}\times 100\%$。

（2）稳态时间t_s（调节时间）：反映系统的整体快速性，指输出曲线达到并保持在一个允许误差范围内所需的最短时间。

（3）上升时间t_r：反映系统输出的速度快慢。指响应曲线从0时刻开始首次到达稳态值的时间。对于无超调系统，定义从到达稳态的10%上升到90%所需的时间。

（4）峰值时间：反映系统的初始快速性，指阶跃响应输出曲线到达第一峰值所需的时间。

（5）稳态误差e_{ss}：反映控制系统精度，指输出曲线结束时稳态值与给定值之差，用百分数表示。工程上常取在±5%或±2%的误差范围。

2. 使用绘图命令获取时域动态特性指标

实验中使用MATLAB绘图命令step()，可单击阶跃响应曲线幅值及稳态值的点，获读取值，或使用程序自动获取参数：

（1）计算超调量：

```
y=step(sys)            %求阶跃响应曲线值
[Y,k]=max(y)           %求y的峰值及峰值时间
C=dcgain(sys)          %求取系统的终值
Mp=100*(Y-C)/C         %计算超调量
```

（2）计算稳态时间：

```
[y,t]=step(sys);C=dcgain(sys); i=length(t);
while(y(i)>0.98*C)&(y(i)<1.02*C)
i=i-1;
end
ts=t(i)
```

（3）计算上升时间：

```
[y,t]=step(sys); C=dcgain(sys); n=1;
while y(n)<=C; n=n+1; end;
tr=t(n)     %获得上升时间
```

（4）计算峰值时间：

```
y=step(sys); [Y,k]=max(y)        %求y的峰值
tp=t(k)                          %获得峰值时间
```

（5）计算稳态误差：

```
t=[0:0.001:15]; y=step(sys,t);
ess=1-y; Ep=ess(length(ess))
```

【例2-3-1】 根据闭环系统 $G=\dfrac{100}{s^2+3s+100}$ 传递函数绘制阶跃响应曲线，手动单击获取动态特性参数，并查找稳态误差为2%下的稳态时间。

命令程序：

```
num=[100]; den=[1,3 ,100];
G=tf(num,den)
step(G)
```

结果如图2.3.2所示。

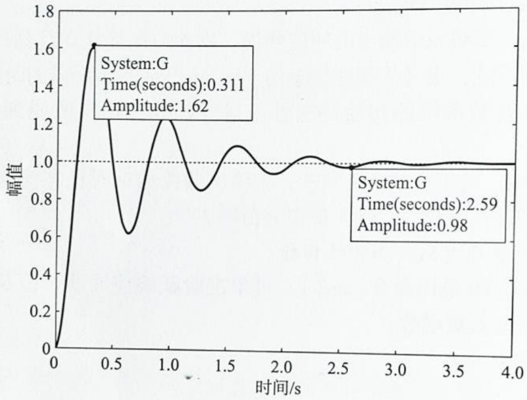

图2.3.2 欠阻尼阶跃响应曲线

单击图上的峰值点或稳态时间点。从图2.3.2可以看出，超调量为62%，峰值时间为0.311 s；上升时间为0.173 s；在2%稳态误差下，稳态时间是2.58 s。

【例2-3-2】 根据标准二阶系统传递函数，在自由振动频率 $\omega_n=1$ 情况下，改变阻尼系数分别为 $\xi=0$（无阻尼）、$\xi=0.5$（欠阻尼）、$\xi=1$（临界阻尼）和 $\xi=2$（过阻尼），绘制阶跃响应曲线。

命令程序：

```
num=1;den1=[1,0,1]; den2=[1,0.5,1];
den3=[1,2,1]; den4=[1,4,1];
t=0:0.1:10;  %横坐标的线性空间
G1=tf(num,den1);G2=tf(num,den2);
G3=tf(num,den3);G4=tf(num,den4);
step(G1,t);hold on; %保持曲线
text(3,1.8,'ξ=0')  %标注曲线
step(G2,t);hold on;text(3,1.4,'ξ=0.5')
```

```
step(G3,t);hold on;text(3,0.8,'ξ=1')
step(G4,t);hold on;text(3,0.4,'ξ=2')
```

结果如图 2.3.3 所示。

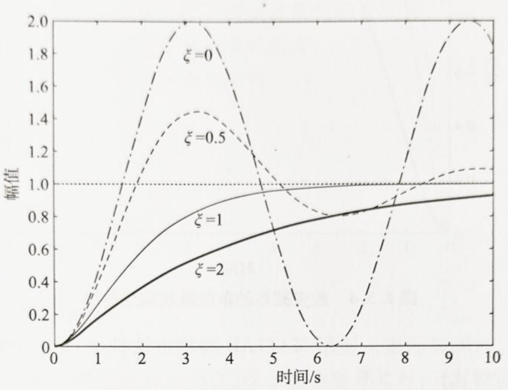

图 2.3.3　改变阻尼的单位阶跃响应曲线

结论：阻尼比越大，超调量越小，达到稳定时间越长，且当临界阻尼时超调量为零。

【例 2-3-3】　根据标准二阶系统传递函数，在阻尼系数 $\xi=0.5$ 的情况下，改变自由振动频率 $\omega_n=1$，$\omega_n=2$，$\omega_n=3$，绘制阶跃响应曲线。

命令程序：

```
t=[0:0.1:10]; num1=1; den1=[1,1,1];
G1=tf(num1,den1);
step(G1,t);hold on;text(0.2,1.1,'ωn=1');
num2=4;den2=[1,2,4];G2=tf(num2,den2)
step(G2,t); hold on;text(1.8,1.1,'ωn=2');
num3=9;den3=[1,3,9];G3=tf(num3,den3)
step(G3,t);hold on;text(3.5,1.1,'ωn=3');
```

结果如图 2.3.4 所示。

结论：ω_n 相同，ξ 越大，响应越快；ξ 相同，ω_n 越大，响应越快。

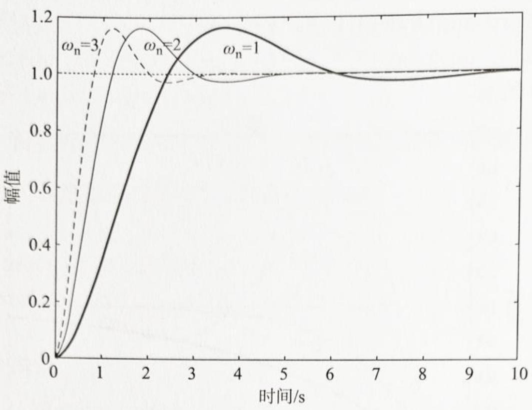

图 2.3.4　改变频率的单位阶跃响应曲线