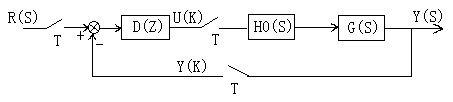
# 实验一 DDC单回路PID控制



### 2. 对象动态特性实验

（1）将离散化，写出输入/输出差分方程

采用向后差分的离散化方法，

对上式两端做的反变换，

（2）用进行编程

代码如下：

clear all;  
%T = 1; %采样周期  
T\_1 = 10; %s  
K\_1 = 1;  
T = input("请输入T的大小：");  
du = 1; %单位阶跃  
time = 100; %s 总时间  
y = zeros(time,1);  
  
for t = 3:1:time  
 y(t) = (du\*K\_1\*T^2+2\*(T\_1\*T+T\_1^2)\*y(t-1)-T\_1^2\*y(t-2))/(T^2+T\_1^2+2\*T\_1\*T);  
end  
t = 1:1:time;  
figure(1)  
title("T=2s");  
plot(t,y);  
Gp = zpk([],[-0.1 -0.1],[0.01]);  
%Gs = feedback(Gp,1);  
dsys=c2d(Gp,T,'method'); % 传函离散  
[num,den]=tfdata(dsys,'v'); % 离散后提取分子分母  
figure(2)  
title("T=2s");  
dstep(num,den,100)

（3）取三个不同采样周期，绘制当输入U1为阶跃给定值时，输出的响应曲线，并打印

当选取阶跃值，采样时间分别为，，时，响应曲线如下图所示：

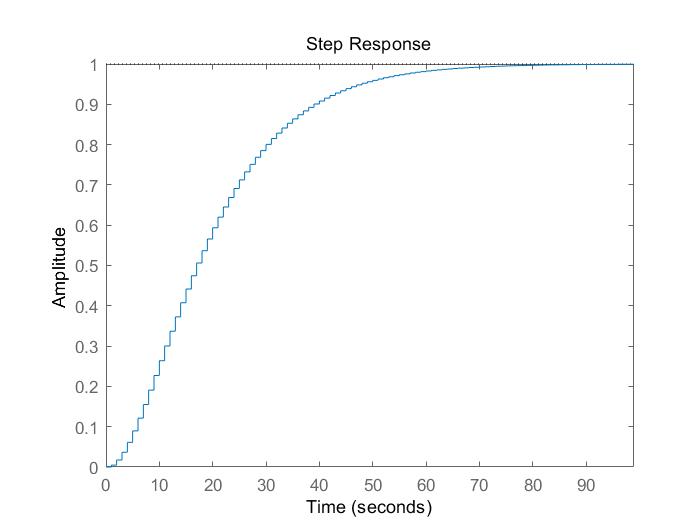
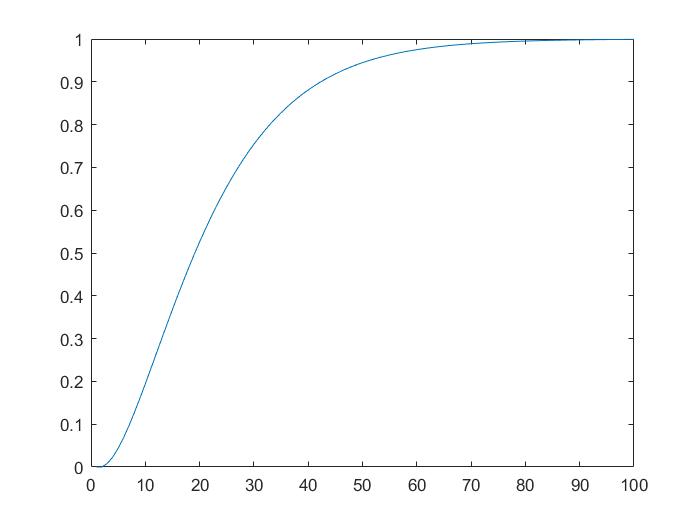


图 1 当T = 1s时

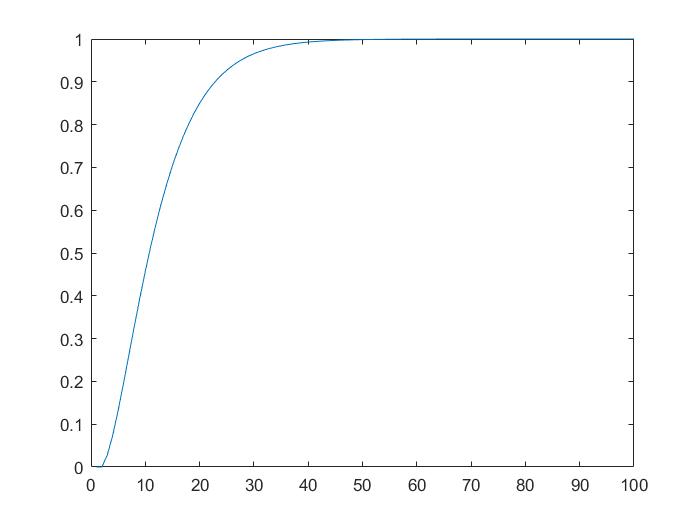
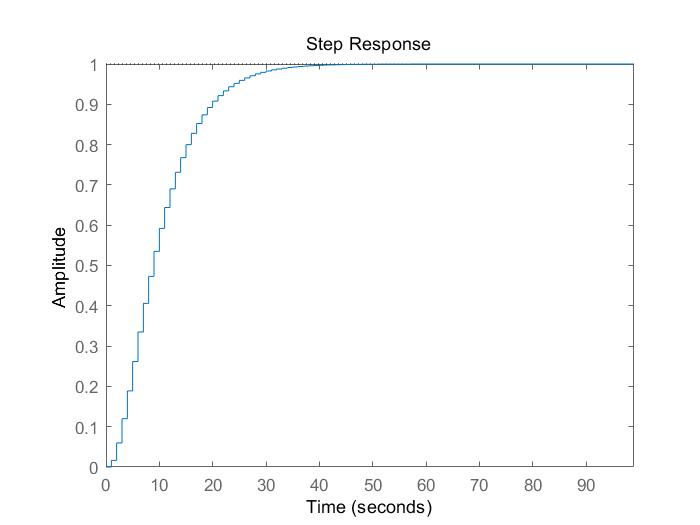
 

图 2 当T=2s时

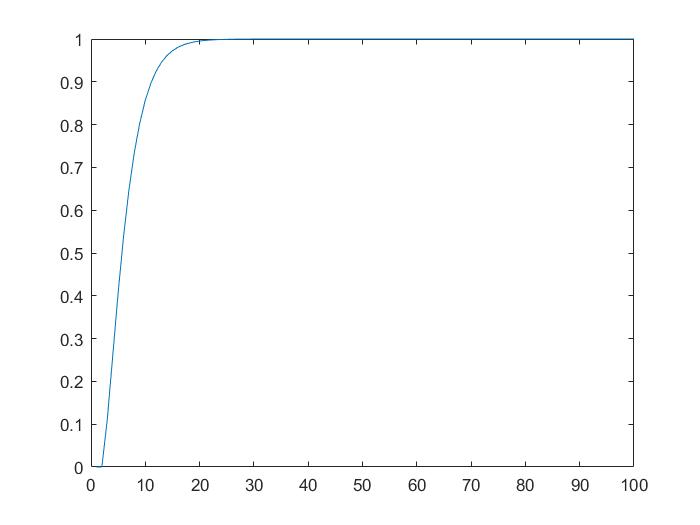
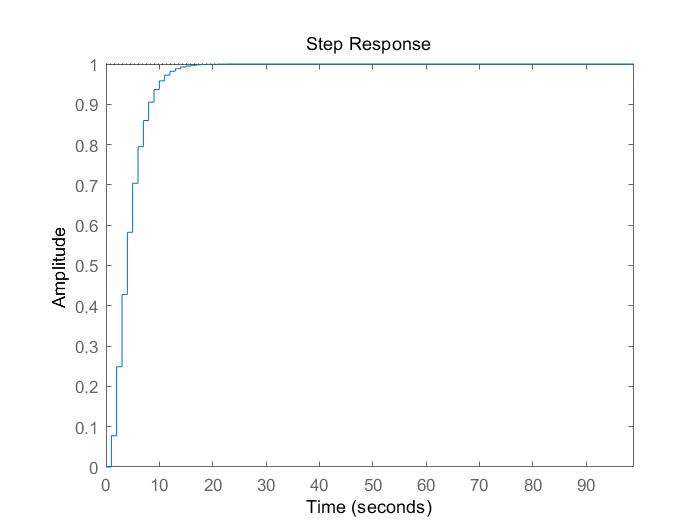
 

图 3 当T=5s时

从以上三个响应曲线可以看出，当时，在80次采样时到达稳态，当时，在40次采样时到达稳态，当时，在16次采样时到达稳态。

### 3.单回路控制实验

（1）根据上述动态特性曲线，采用工程整定方法整定PID参数。

采用临界比例度法

设调节器只有比例作用：

系统的特征方程为：

系统稳定时，特征方程的根在虚轴上，代入

解得：

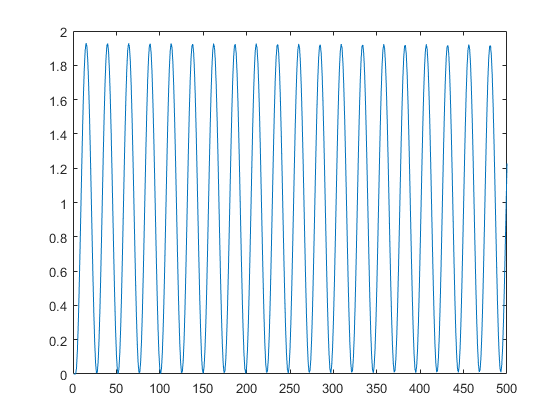
则正定参数为：

因为加入了零阶保持器，所以差分方程必须重新计算：

化为差分方程：

下为程序整定

clear all;  
Kp = 27.4;  
T = 0.5;  
a = exp(-0.1\*T);  
A1 = a\*a-a+0.1\*T\*a;  
A2 = 1-a-0.1\*T\*a;  
A3 = 2\*a;  
A4 = a\*a;  
time = 500;  
T = 0.5;  
du = 1;  
e = zeros(1,time);  
u = zeros(1,time);  
y = zeros(1,time);  
t = 1:time;  
for k = 3:1:time  
 e(k) = du - y(k-1);  
 u(k) = u(k-1)+Kp\*e(k)-Kp\*e(k-1);  
 y(k) = A1\*u(k - 2)+A2\*u(k - 1)+A3\*y(k-1)-A4\*y(k-2);  
end  
plot(t,y);

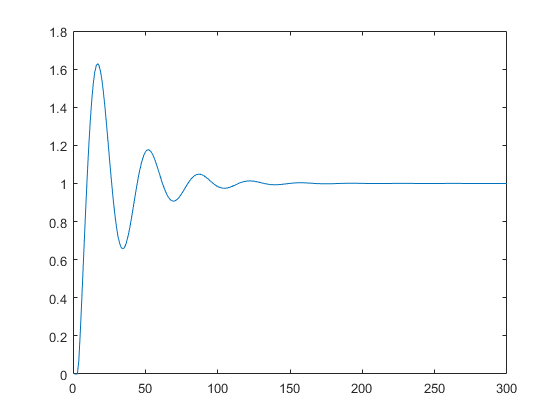


因为在临界比例法计算是，零阶保持器取得是其一阶近似，所以代入发现并不发生振荡现象，在其附近进行搜索，发现当时，其发生临界振荡。且

所以根据，我们整定的参数为：

给定参数后，用该进行调节，代码如下：

clear all;  
Kp = 13.7;  
KI = 1.14;  
Kd = 41.1;  
T = 0.5;  
a = exp(-0.1\*T);  
A1 = a\*a-a+0.1\*T\*a;  
A2 = 1-a-0.1\*T\*a;  
A3 = 2\*a;  
A4 = a\*a;  
time = 300;  
T = 0.5;  
du = 1;  
e = zeros(1,time);  
u = zeros(1,time);  
y = zeros(1,time);  
t = 1:time;  
for k = 3:1:time  
 e(k) = du - y(k-1);  
 u(k) = u(k-1)+Kp\*e(k)-Kp\*e(k-1)+Kd\*(e(k)-2\*e(k-1)+e(k-2))+KI\*e(k);  
 y(k) = A1\*u(k - 2)+A2\*u(k - 1)+A3\*y(k-1)-A4\*y(k-2);  
end  
plot(t,y);



（2）采用具有积分分离的数字PID算法，并进行以下三个实验：

a. 无积分分离或阀值β过大；

b. β适中

c. β过小

设，

代码如下：

clear all;  
Kp = 13.7;  
KI = 1.14;  
Kd = 41.1;  
T = 0.5;  
a = exp(-0.1\*T);  
A1 = a\*a-a+0.1\*T\*a;  
A2 = 1-a-0.1\*T\*a;  
A3 = 2\*a;  
A4 = a\*a;  
time = 300;  
T = 0.5;  
du = 1;  
e = zeros(1,time);  
u = zeros(1,time);  
y = zeros(1,time);  
t = 1:time;  
beta = 1;  
for k = 3:1:time  
 e(k) = du - y(k-1);  
 if abs(e(k)) > beta  
 u(k) = u(k-1)+Kp\*e(k)-Kp\*e(k-1)+Kd\*(e(k)-2\*e(k-1)+e(k-2))+KI\*e(k);  
 else  
 u(k) = u(k-1)+Kp\*e(k)-Kp\*e(k-1)+Kd\*(e(k)-2\*e(k-1)+e(k-2));  
 end  
 y(k) = A1\*u(k - 2)+A2\*u(k - 1)+A3\*y(k-1)-A4\*y(k-2);  
end  
plot(t,y);

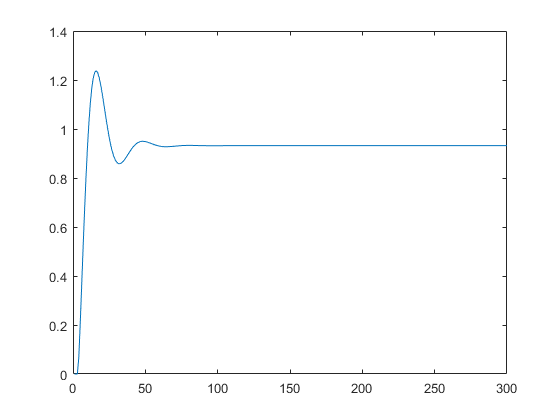


图 4

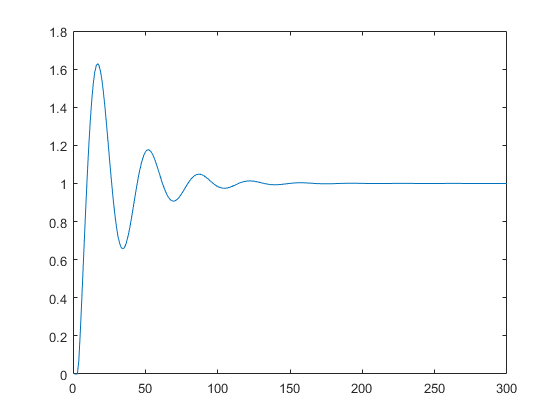


图 5

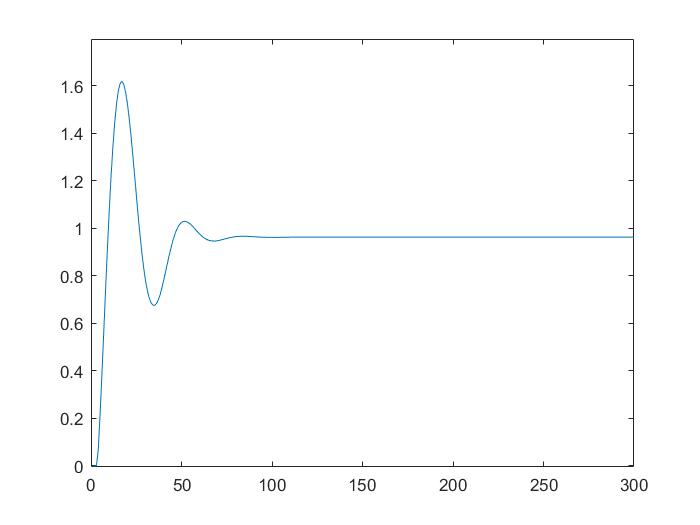
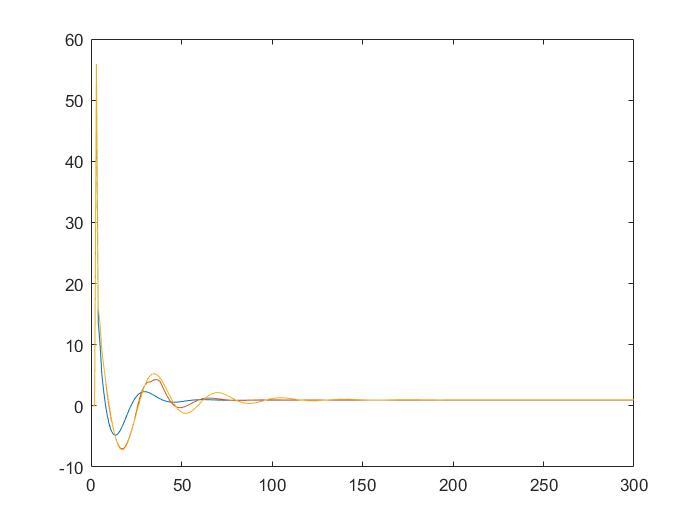


图 6

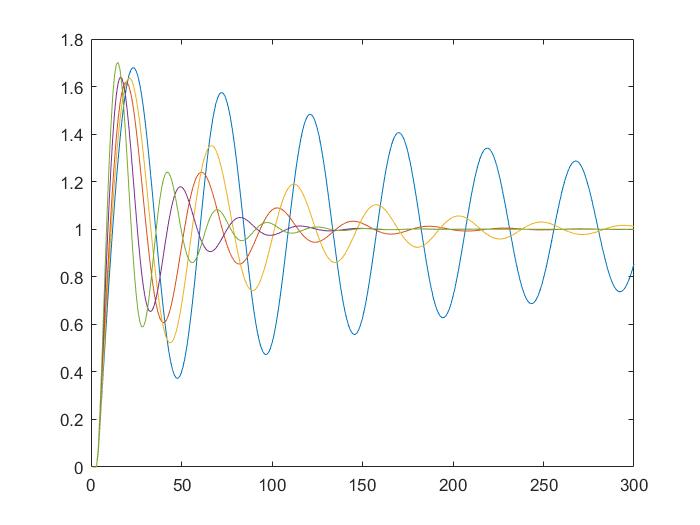
的曲线如下图所示：**蓝色曲线**为，**红色曲线**为，**黄色曲线**为



分别改变，，，并观察它们对调节品质的影响。

1. 改变，保持，不变

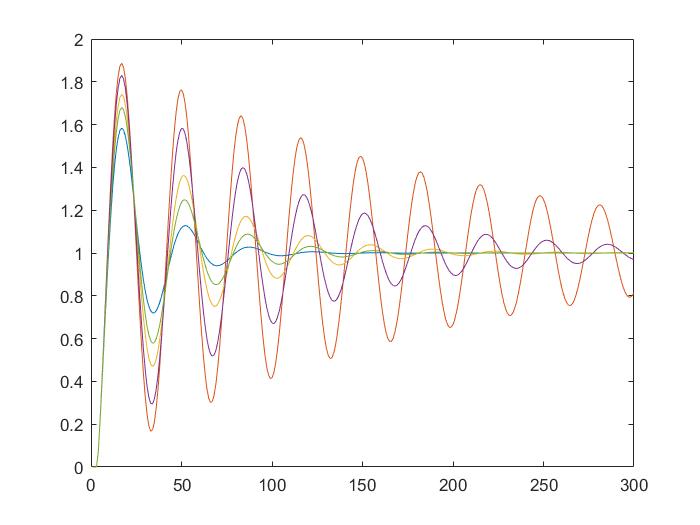
**蓝色曲线**为，**黄色曲线**为，**红色曲线**为，**紫色曲线**为，**褐色曲线**为



分析：Kp越大，反应越迅速

1. 改变，保持，不变

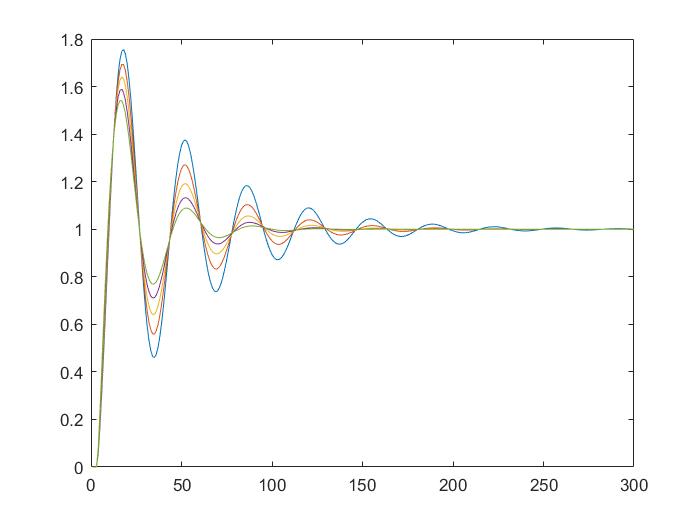
**蓝色曲线**为，**黄色曲线**为，**绿色曲线**为，**紫色曲线**为，**褐色曲线**为



分析：Ti越大，反应越迅速，静态特性越好

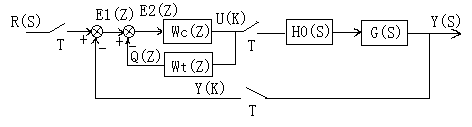
1. 改变，保持，不变

**蓝色曲线**为，**黄色曲线**为，**绿色曲线**为，**紫色曲线**为，**褐色曲线**为



分析：Td越大，超调减小，动态特性越好，但是Td过大会产生锯齿。

# 实验二 Smith预估控制实验

Smith预估控制系统如图所示

对象

其中，，，采用数字控制规律。

### 2.对象扰动实验

画出时，曲线。

首先，设

对进行变换，取采样时间

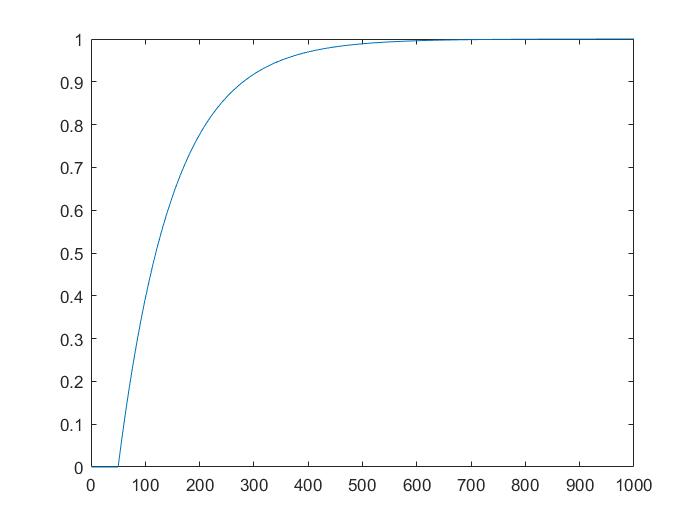
所以我们得到，

对上式进行的反变换，

代入数据，

用进行模拟，代码如下

clear all;  
K = 1;  
T1 = 10;  
tor = 5;  
u0 = 1;  
T = 0.1;  
N = tor/T;  
a1 = exp(-T/T1);  
b1 = K\*(1 - exp(-T/T1));  
time = 1000;  
t = 1:1:time;  
y = zeros(1,time);  
  
for k = 2:1:time  
 if k > N  
 y(k) = b1\*u0 + a1\*y(k-1);  
 else  
 y(k) = a1\*y(k-1);  
 end  
end  
plot(t,y);



### 3. 预估控制

（1） 构造，求出

根据构造为

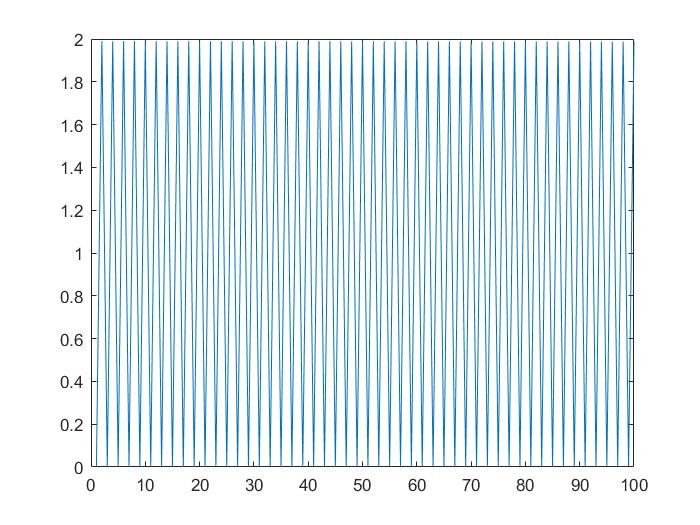
对以上两式进行差分，

(2) 整定

按照临界比例带法整定， 去掉延迟项

代码如下所示，

clear all;  
Kp = 200;  
time = 100;  
e = zeros(1,time);  
y = zeros(1,time);  
u = zeros(1,time);  
r = 1;  
  
for k = 2:1:time  
 e(k) = r - y(k-1);  
 u(k) = u(k-1)+Kp\*(e(k)-e(k-1));  
 y(k) = exp(-0.01)\*y(k-1)+(1-exp(-0.01))\*u(k);  
end  
t = 1:1:time;  
plot(t,y);



在，时发生振荡，按照临界震荡对整定

（3）按图仿真，并打印曲线。

已知控制器

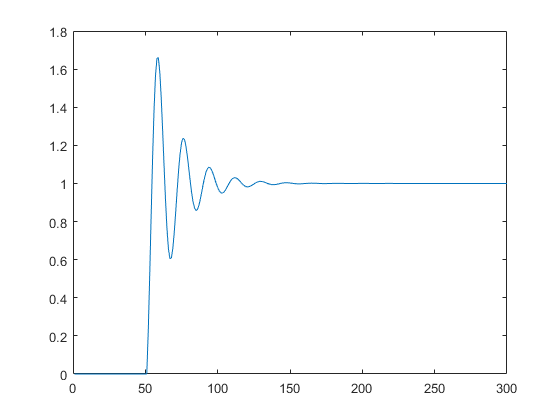
对上式进行差分变换，得

对象差分传递方程，

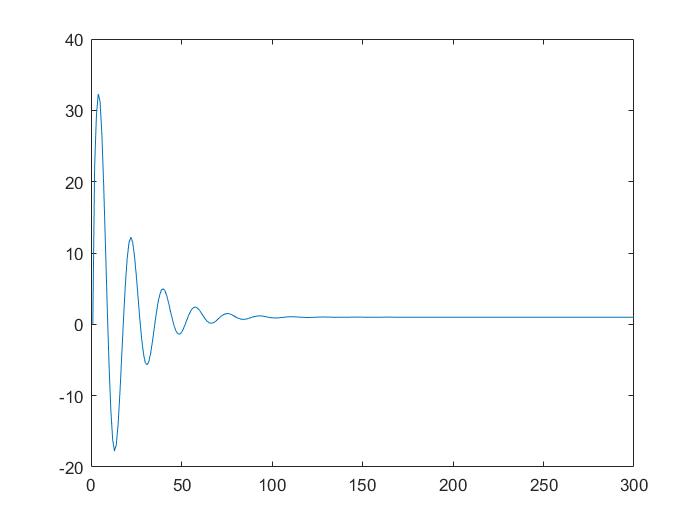
控制差分传递方程，

代码如下所示，

clear all;  
Kp = 10.01;  
Ti = 0.83;  
Ki = Kp/Ti;  
T = 0.1;  
tot = 5;  
T1 = 10;  
K = 1;  
a1 = exp(-T/T1);  
b1 = K\*(1 - exp(-T/T1));  
r = 1;  
time = 300;  
e1 = zeros(1,time);  
e2 = zeros(1,time);  
u = zeros(1,time);  
y = zeros(1,time);  
Cm = zeros(1,time);  
q = zeros(1,time);  
for k = 2:1:time  
 e1(k) = r - y(k-1);  
 Cm(k) = a1\*Cm(k-1)+b1\*u(k-1);  
 if k>tot/T  
 q(k) = Cm(k) - Cm(k-tot/T);  
 else  
 q(k) = Cm(k);  
 end  
 e2(k) = e1(k) - q(k);  
 u(k) = u(k-1) + Kp\*(e2(k) - e2(k-1)) +Ki\*e2(k);  
 if k>tot/T  
 y(k) = b1\*u(k-tot/T)+a1\*y(k-1);  
 else  
 y(k) = a1\*y(k-1);  
 end  
end  
t = 1:1:time;  
plot(t,y);



控制器输出

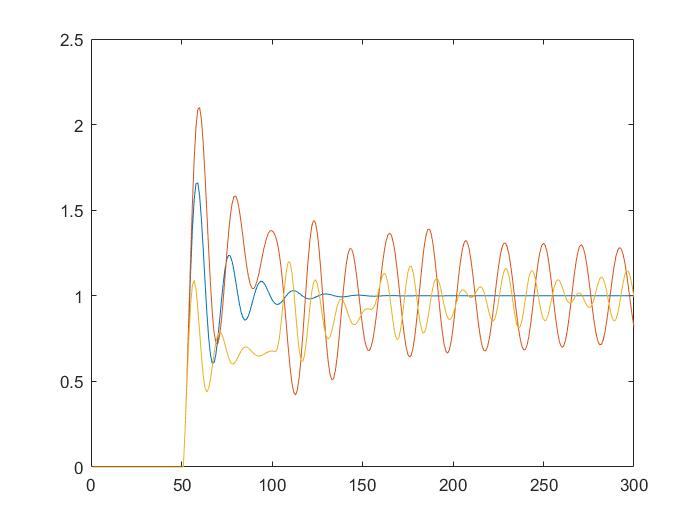


分析:纯迟延使闭环系统的稳定性下降，当T比较大时，对象反应慢，易引起超调和振荡，常规控制器很难有很好的控制效果。对比未加PI调节器和Smith预估器情况下对象的阶跃响应曲线，可以看出，Smith预估器的存在使得系统的响应速度大大改善。

（4）改变中，（对象不变），进行仿真比较，观察它们对调节过程的影响。

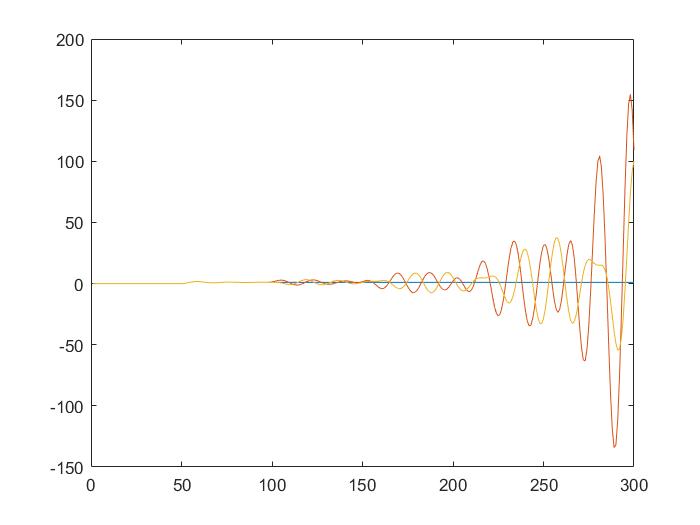
保持不变，分别取、、，观察对象响应曲线的变化。

**蓝色曲线**为、**红色曲线**为、**黄色曲线**为



保持不变，分别取、、,观察对象响应曲线的变化。

**蓝色曲线**为、**红色曲线**为、**黄色曲线**为



代码如下所示，

clear all;  
Kp = 10.01;  
Ti = 0.83;  
Ki = Kp/Ti;  
T = 0.1;  
tot = 5;  
tot1 = 5.5;  
T1 = 10;  
K = 1;  
K1 = 1;  
a1 = exp(-T/T1);  
b1 = K\*(1 - exp(-T/T1));  
b2 = K1\*(1 - exp(-T/T1));  
r = 1;  
time = 300;  
e1 = zeros(1,time);  
e2 = zeros(1,time);  
u = zeros(1,time);  
y = zeros(1,time);  
Cm = zeros(1,time);  
q = zeros(1,time);  
  
for k = 2:1:time  
 e1(k) = r - y(k-1);  
 Cm(k) = a1\*Cm(k-1)+b2\*u(k-1);  
 if k>tot1/T  
 q(k) = Cm(k) - Cm(k-tot1/T);  
 else  
 q(k) = Cm(k);  
 end  
 e2(k) = e1(k) - q(k);  
 u(k) = u(k-1) + Kp\*(e2(k) - e2(k-1)) +Ki\*e2(k);  
 if k>tot/T  
 y(k) = b1\*u(k-tot/T)+a1\*y(k-1);  
 else  
 y(k) = a1\*y(k-1);  
 end  
end  
  
t = 1:1:time;  
plot(t,y);  
hold on;

分析:由图像我们可以直观地看出，改变Smith预估器中的参数K和τ后，仅很小的变化如K从1.0变成0.8和1.5, τ从5.0变成4.5和4.8，均会使系统产生振荡，变得不稳定。由此可见，Smith补偿器对过程动态特性的精确度要求很高，参数选择稍有不恰当，均无法达到好的调节效果。

