实验七 过程控制系统建模仿真

一、实验目的

1、理解系统建模的概念，掌握系统建模的方法。

2、 掌握利用 Simulink 的 M 文件编写对给定实验数据进行系统建模的方法。

二、实验设备

PC 计算机一台，安装 Matlab 6.0（以上版本）。

三、实验内容

1. 一阶系统两点法建模及仿真

已知某液位对象阶跃扰动量 $\Delta u = 20\%$ 的响应实验数据如表 1 所示。

表 1 某液位对象阶跃响应实验数据表

t(s)	0	10	20	40	60	80	100	140	180	250	300	400	500	600
H(cm)	0	0	0.2	0.8	2.0	3.6	5.4	8.8	11.8	14.4	16.6	18.4	19.2	19.6

若假定控制对象为一阶惯性加纯延迟形式 $G(s)=\dfrac{K}{(Ts+1)}e^{-\tau s}$，稳态增益 K 可用 $K=\dfrac{y(\infty)-y(0)}{\Delta u}$ 求出，时间常数 T 和τ可用两点法通过求解方程组来获取。具体做法是：首先依据一阶系统阶跃响应满足指数增长的规律列写系统输出关于时间的函数 y(t),接着在阶跃响应曲线上找出任意两点，并将这两点对应的坐标（t1,y1）和（t2,y2）代入系统输出函数 y（t），从而构成一个关于 T 和τ的二元一次方程组，最后通过方程组求解计算出一阶系统的参数 T 和τ。

为计算方便，在阶跃响应曲线上选取两个特殊点 $y^*(t_1)=0.39$，$y^*(t_2)=0.63$（其中）y^* 为系统输出 y 的无量纲值)，可解方程得式（1）

$$\begin{cases} T = 2(t_2 - t_1) \\ \tau = 2t_1 - t_2 \end{cases} \qquad (1)$$

在 matlab 中编写 M 文件：

```
>> clc
```

```
%两点法建立一阶系统模型
>> t=[0 10 20 40 60 80 100 140 180 250 300 400 500 600];
>> h=[0 0 0.2 0.8 2.0 3.6 5.4 8.8 11.8 14.4 16.6 18.4 19.2 19.6];
>> delta_u=20/100;
%求系统稳态增益 k
>> k=(h(end)-h(1))/delta_u;
%将系统输出化为无纲量形式
>> y=h/h(end);
% 用插值法求系统输出到达 0.39 和 0.63 两点处时间 t1 和 t2
% 因插值函数 inerp1 的输出样本数据不允许有重复，故此处舍去系统输出无变化时间段
>> t_tau=10; %输出无变化的时间
>> tw=t(2:end)-t_tau;
>> yw=y(2:end);
>> h1=0.39;
>> t1=interp1(yw,tw,h1)+t_tau;
>> h2=0.63;
>> t2=interp1(yw,tw,h2)+t_tau;
% 由 t1 和 t2 确定系统的惯性时间常数 T 和纯延迟时间 tao
>> T=2*(t2-t1);
>> tao=2*t1-t2;
% 比较两点法结果与实际系统在阶跃响应上的差异
% 两点法确立的一阶惯性加纯延迟模型 G
>> G=tf(k,[T,1],'inputdelay',tao);
>> [yG,tG]=step(G,linspace(t(1),t(end),50));
>> yG=yG*delta_u;
>> plot(t,h,'-',tG,yG,'--')
>> legend('实际系统','两点法所求近似系统')
```

运行可得系统阶跃响应如图 1 所示。

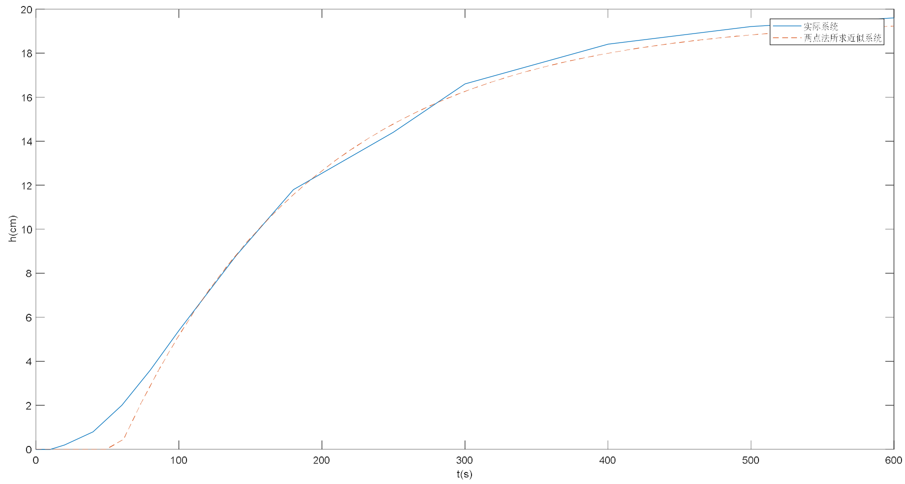

图 1 两点法所得一阶系统及实际系统象阶跃响应曲线图

2. 二阶系统两点法建模及仿真

一旦系统稳定且阶次定为二阶，则可用二阶惯性加纯延迟环节 $G(s)=\dfrac{K}{(T_1 s+1)(T_2 s+1)}e^{-\tau s}$ 表示，K、T1、T2、τ可由环节的阶跃响应曲线求取，稳态增益 K 的求法如前所示，纯延迟时间τ可依据阶跃响应初期无变化时间段直接读出，T1 和 T2 通过两点法算出。为方便，$y^*(t_1)=0.4$，$y^*(t_2)=0.8$，则可按式（2）求取 T1 和 T2。

$$\begin{cases} T_1+T_2 \approx \dfrac{1}{2.16}(t_1+t_2) \\ \dfrac{T_1 T_2}{(T_1+T_2)^2} \approx (1.74\dfrac{t_1}{t_2}-0.55) \end{cases} \quad (2)$$

在 matlab 中编写 M 文件：

```
>> clc
%两点法建立二阶系统模型
>> t=[0 10 20 40 60 80 100 140 180 250 300 400 500 600];
>> h=[0 0 0.2 0.8 2.0 3.6 5.4 8.8 11.8 14.4 16.6 18.4 19.2 19.6];
>> delta_u=20/100;
%求系统稳态增益 k
>> k=(h(end)-h(1))/delta_u;
```

```
%将系统输出化为无纲量形式
>> y=h/h(end);
% 用插值法求系统输出到达 0.4 和 0.8 两点处时间 t1 和 t2
% 因插值函数 inerp1 的输出样本数据不允许有重复，故此处舍去系统输出无变化时间段
>> t_tau=10; %输出无变化的时间
>> tw=t(2:end)-t_tau;
>> yw=y(2:end);
>> h1=0.4;
>> t1=interp1(yw,tw,h1)+t_tau;
>> h2=0.8;
>> t2=interp1(yw,tw,h2)+t_tau;
% 由 t1 和 t2 确定系统的时间常数 T 和 T2
>> T12=(t1+t2)/2.16;       %T1+T2
>> T1T2=(1.74*t1/t2-0.55)*T12^2;   %T1*T2
%比较两点法所得二阶系统与实际系统在阶跃响应上的差异
%两点法确立的二阶惯性加纯延迟模型 G
>> G=tf(k,[T1T2 T12 1],'inputdelay',t_tau);
>> [yG,tG]=step(G,linspace(t(1),t(end),50));
>> yG=yG*delta_u;     %输入 delta_u 时的二阶系统输出
% 前述两点法所得一阶系统模型 G1 及其阶跃响应
>> G1=tf(k,[136.7 1],'inputdelay',58);
>> [yG1,tG1]=step(G1,linspace(t(1),t(end),50));
>> yG1=yG1*delta_u;     %输入 delta_u 时的一阶系统输出
>> plot(t,h,'-',tG,yG,'--',tG1,yG1,':')
>> legend('实际系统','两点法所求二阶系统','两点法所求一阶系统')
>> xlabel('t(s)')
>> ylabel('h(cm)')
```

运行可得系统阶跃响应如图 2 所示。

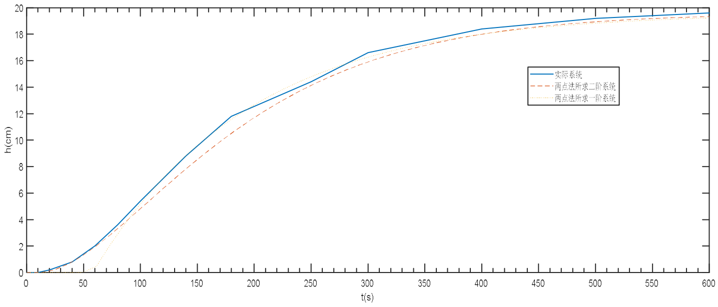

图 2 两点法所得一阶、二阶和实际系统的阶跃响应

讨论：

1. 给出两点法所得一阶系统系统传递函数。
2. 给出两点法所得二阶系统系统传递函数。
3. 对两种方法的建模结果进行分析。
4. 本学期学习《工业过程控制》实验的心得体会与课程改进建议。