



哈爾濱工業大學
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

实验报告

开课学期: 2023 秋
课程名称: 系统建模与仿真
实验时间: 地点: k325
实验台号: 20
学生专业: 自动化
学生学号:
学生姓名:
评阅教师:
报告成绩:

实验与创新实践教育中心印制

直流伺服系统实验报告

一、 实验目的

1. 了解直流伺服系统的建模方法;
2. 掌握 Matlab 系统辨识工具箱的使用方法;
3. 实现直流伺服系统的最小二乘辨识

二、 实验设备

1. GSMT2014 型直流伺服系统平台;
2. PC (Matlab 平台)

三、 实验原理

1. 直流伺服电机的机理模型
2. 直流伺服电机的系统辨识工具箱建模
3. 直流伺服电机的递推最小二乘方法建模

四、 实验步骤或操作要点

实验步骤:

建立系统的 MATLAB 仿真模型设置输入阶跃信号为 1, 即双击 Step 模块设置 Final value 为 1, 运行, 双击 Scope 模块, 得到系统仿真曲线

打开桌面程序“DampingDemo.slx”双击“GTS-PVs Initialization”, 设置“Open/ClosedLoop”为 1, “ServeON/OFF”为[1 1 0 0], 并设置“Axis2”中“EncReverse”为选中双击“Step”模块, 设置“Finalvalue”为 1, 双击“RealControl”模块, 其中蓝色模块“GTSSetDAC”和“GTSGetPos”设置轴号为 2, “GTSSetDAC1”

设置轴号为 1 双击“Scope”模块, 设置“Save data to workspace”中“Vaible name”为 info, “Format”为“Structure With Time”;

编译程序

运行程序, 修改运行时间在 30~100 秒之间提取 info 中的数据, 在 matlab 控制台输入:

```
input = info.signals.values(:, 1);
```

```
output = info.signals.values(:, 2);
```

在控制台输入“ident”打开系统辨识工具箱

点击“Import data”, 选择“Time domain data”导入数据, Input 设置 input, Output 设置为 output, Startingtime 设置为 0, Samplinginterval 设置为 0.001, 最后点击“Import”导入系统辨识数据

) 点击“Estimate-->”选择“TransferFunctionModels”, 并设置“Numberof poles”为 1, 设置“Numberofzeros”为 0, 点击“Estimate”开始辨识一阶系统

点击“Estimate-->”选择“TransferFunctionModels”, 并设置“Numberof poles”为 2, 设置“Numberofzeros”为 1, 点击“Estimate”开始辨识二阶系统

点击“Estimate-->”选择“PolynomialModels”, 并设置“Numberof poles”为 1, 设置“Orders”为[4 4]

1], 点击 “Estimate” 开始辨识

辨识完成后，输出辨识结果 “tf1” 为一阶系统辨识模型，“tf2” 为二阶系统辨识模型，“arx441” 为多项式模型，勾选 “Modeloutput”，查看辨识效果

双击 “tf1”、“tf2” 及 “arx441”,即可看到系统辨识模型

记录系统辨识结果

重复步骤 1)-11), 将图 2.1.2 中的阶跃信号 (step) 换成扫频信号 (Chirp Signal

重复步骤 1)-11), 将图 2.1.2 中的扫频信号 (Chirp Signal) 换成伪随机序列信号 (M 序列)

五、实验结果分析

模型	阶跃信号
一阶开环传递函数	$\frac{0.1397}{s + 0.007019}$
二阶开环传递函数	$\frac{-0.0432s + 0.003769}{s^2 + 0.02886s + 0.0001894}$
差分方程 (ARX221)	$A(z) = 1 - 0.8946z^{-1} - 0.4776z^{-2} + 0.007681z^{-3} + 0.3663z^{-4}$ $B(z) = 0.03378z^{-1}$
最小二乘辨识	$y(n) - 0.9755y(n-1) - 0.3025y(n-2) + 0.2817y(n-3) =$ $0.0183x(n) + 0.0183x(n-1) + 0.0183x(n-2) + 0.0183x(n-3)$

模型	扫频信号
一阶开环传递函数	$\frac{0.1479}{s + 0.006041}$
二阶开环传递函数	$\frac{-0.09153s + 0.00722}{s^2 + 0.04212s + 0.0003505}$
差分方程 (ARX221)	$A(z) = 1 - 1.056z^{-1} - 0.3995z^{-2} + 0.05558z^{-3} + 0.4002z^{-4}$ $B(z) = -13.13z^{-1} + 38.46z^{-2} - 37.66z^{-3} + 12.35z^{-4}$
最小二乘辨识	$y(n) - 1.3021y(n-1) - 0.2976y(n-2) + 0.6004y(n-3) =$ $0.0448x(n) - 0.1646x(n-1) - 0.1005x(n-2) + 0.2368x(n-3)$

模型	M 序列
一阶开环传递函数	$\frac{0.1382}{s + 0.006253}$
二阶开环传递函数	$\frac{-0.08854s + 0.006673}{s^2 + 0.04093s + 0.0003397}$
差分方程 (ARX221)	$A(z) = 1 - 1.068z^{-1} - 0.3915z^{-2} + 0.05993z^{-3} + 0.4z^{-4}$ $B(z) = 0.08972z^{-1} - 0.1125z^{-2} - 0.09757z^{-3} + 0.1325z^{-4}$
最小二乘辨识	$y(n) - 1.3627y(n-1) - 0.2857y(n-2) + 0.6128y(n-3) =$ $0.0315x(n) - 0.0028x(n-1) - 0.1115x(n-2) + 0.1186x(n-3)$

最小二乘辨识代码：

```

Np=90001;
c=[0.1;0.1; 0.1;0.1;0.1;0.1;0.1];
p=100*eye(7,7);
a1=zeros(1,Np-3);
a2=zeros(1,Np-3);
a3=zeros(1,Np-3);
a4=zeros(1,Np-3);
b1=zeros(1,Np-3);
b2=zeros(1,Np-3);
b3=zeros(1,Np-3);
b4=zeros(1,Np-3);
s1 = info.signals.values(:, 1);

```

```

s2 = info.signals.values(:, 2);

for k=4:Np
f=[-s2(k-1) -s2(k-2) -s2(k-3) s1(k) s1(k-1) s1(k-2) s1(k-3) ];
K=p*f'*1/(1+f*p*f');
c=c+K*(s2(k)-f*c);
p=p-p*f'*1/(1+f*p*f')*f*p;
a1(k-3)=c(1,1);
a2(k-3)=c(2,1);
a3(k-3)=c(3,1);
b1(k-3)=c(4,1);
b2(k-3)=c(5,1);
b3(k-3)=c(6,1);
b4(k-3)=c(7,1);
end
x=1:Np-3;
plot(x,a1,x,a2,x,a3,x,b1,x,b2,x,b3,x,b4);
legend('a1','a2','a3','b1','b2','b3','b4');
c

```

(六) 实验分析及思考

影响系统稳定的因素是系统的极点位置，如果极点位于 s 右半平面，则系统不稳定。测量系统稳定性的方法之一是加入适量大小的阶跃信号，根据其输出的阶跃响应分析系统的稳定性和其他性能指标

1. 根据直流伺服电机的建模过程，总结实验法建模的基本步骤。
2. 改变阻尼系统，系统模型会有怎样改变？

1.

给定特殊输入信号，采集输出信号，根据特定模型采用 matlab 或数学计算辨识模型的相关参数

2. 改变阻尼系统，系统的稳定性和动态性性能可能改变，系统模型参数和阶数可能改变

直线一级倒立摆系统 LQR 控制实验

一、实验目的

1. 掌握一级倒立摆的机理建模方法;
2. 搭建基于 Simulink 的 LQR 控制;
3. 分析扰动, 起摆角度对控制性能的影响。

二、实验设备

1. 直线一级倒立摆平台;
2. PC (Matlab 平台)

三、实验原理

1. 建立直线一级倒立摆模型;
2. 搭建基于 Simulink 的 LQR 控制;

四、实验步骤或操作要点

实验步骤

建立系统传递函数:

根据系统微分方程, 化为关于加速度输入量和角度输出量的传递函数在 MATLAB Simulink 中构建系统的仿真程序 e1.mdl 加入 1m/s^2 的阶跃信号

得到系统仿真曲线

打开倒立摆电控箱上的电源按钮, 然后将倒立摆小车扶至导轨中间位置。

打开文件“LQR_Control.slx”

编译程序

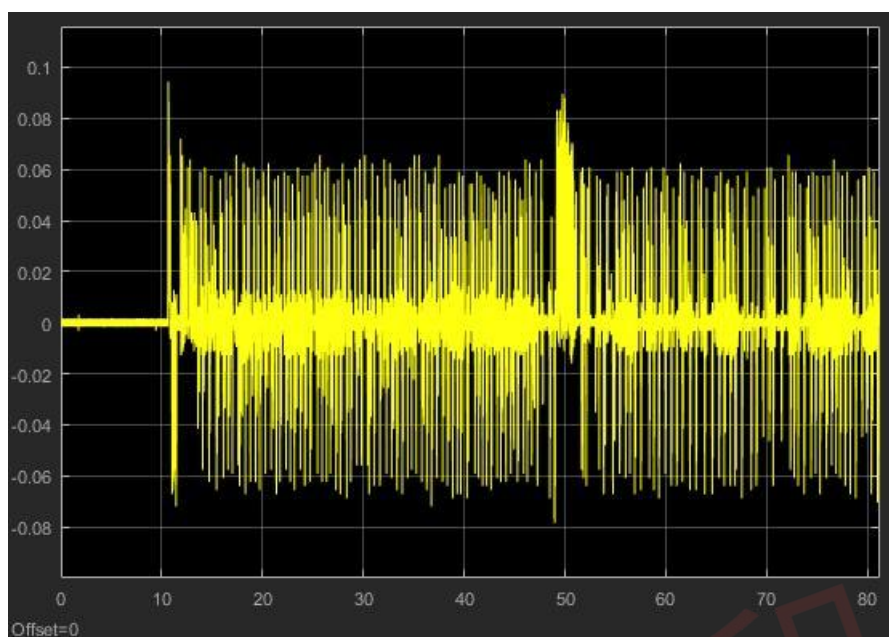
运行程序, 等到右下方开始时间计时时, 迅速提起摆杆到竖直向上的位置, 程序进入自动控制后松开摆杆

双击“Manual Switch”将输入信号打到 0.1m/s^2 端, 观察摆杆的运动现象

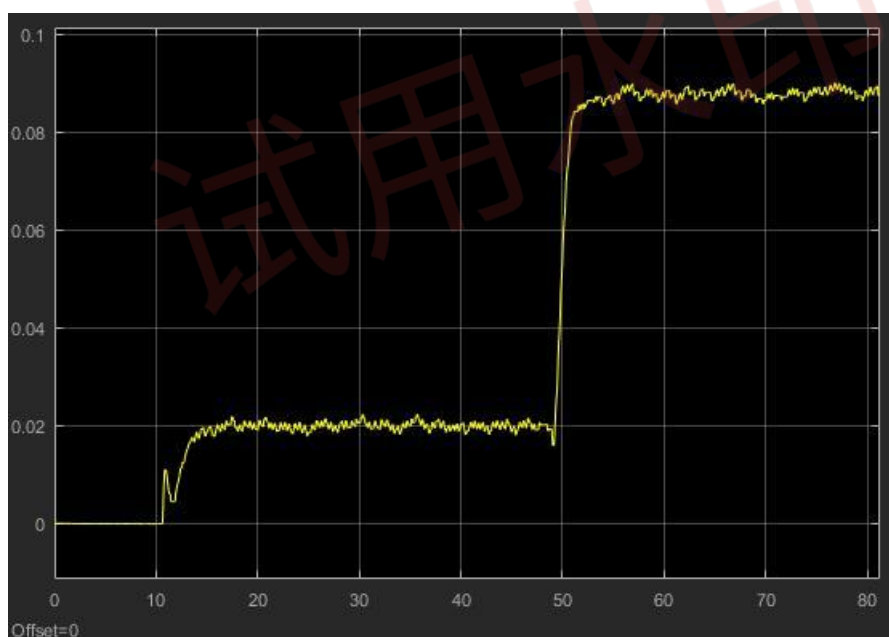
停止程序, 打开示波器“Pos”和“Angle”, 观察系统输出的响应

五、 实验结果分析

1. 记录施加扰动后小车的位移、速度及摆杆角度的响应图和数据；

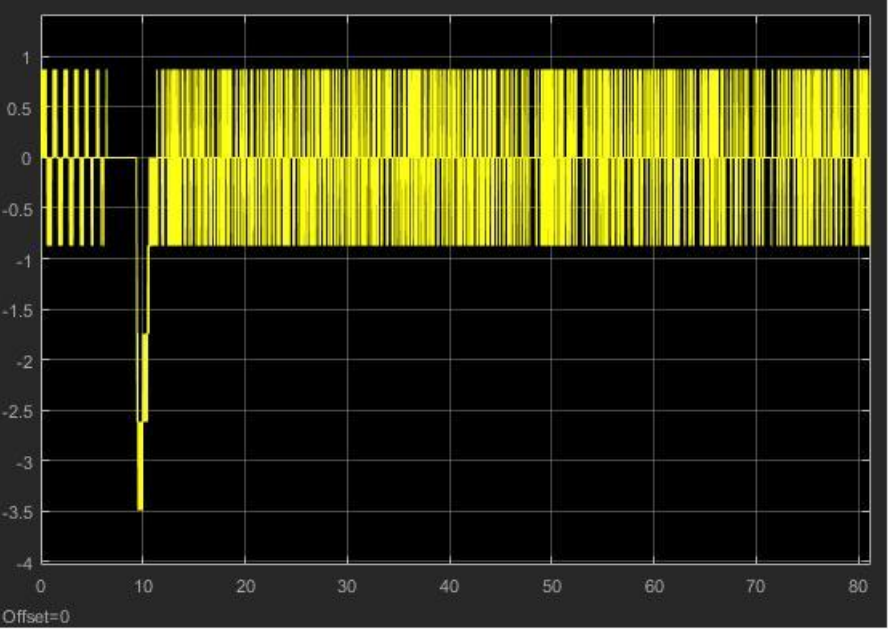


速度:

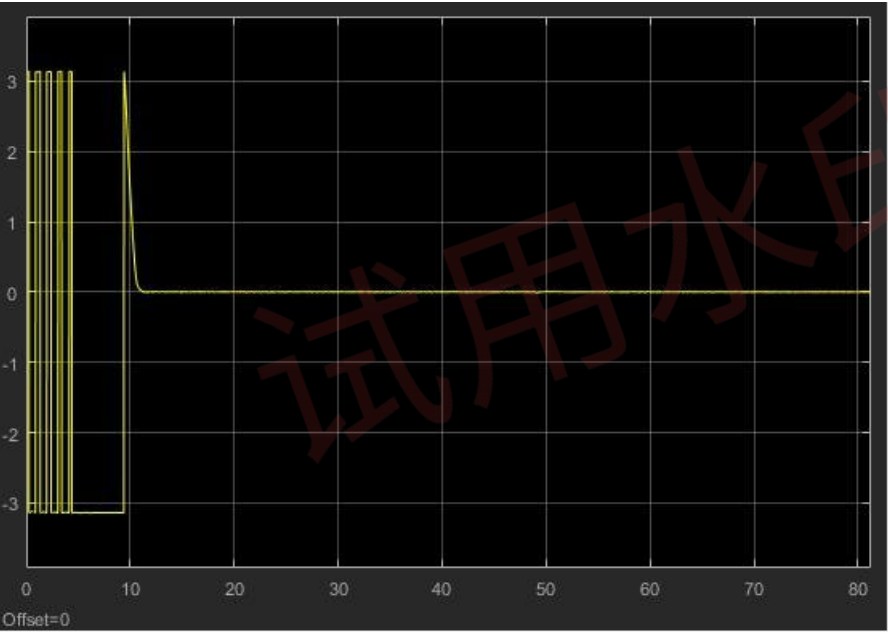


位移:

角速度:



角度：



六自由度系统输入

	小车位移	小车速度	摆杆角度	摆杆角速度
稳态时方差				
阶跃响应振幅				
调节时间				

1.17E-05	9.27E-04	1.7428	0.2002
0.0001	0	0	0
0.001	0	0.1	0

2. 分析扰动，起摆角度对控制性能的影响

扰动越大，系统越不稳定，小扰动几乎不影响控制性能

起摆角度越接近数值，控制性能越好

六、思考题：

1. 如何设计鲁棒性更强的系统？

2. 若在 LQR 实时控制程序中不采用 $-\pi \sim \pi$ 模块，该如何搭建控制程序？对提起摆杆方向是否有要求？

如果有要求，该如何提起摆杆才会稳定？

1. 多样化的数据集：使用多样化、全面的数据集进行模型训练，以确保模型对不同情况有更好的适应能力，对输入数据进行清洗和预处理，包括去除噪声、处理异常值，并将数据转化为合适的格式，以提高模型的稳定性。针对可能的异常情况和错误，设计相应的处理机制和检测算法，以减少系统崩溃或产生错误输出的风险。

2. 使用 $0 \sim 2\pi$ 模块，无要求

试用水印