

自动控制实践 B

控制系统设计实验报告

实 验 名 称 : 系统建模及稳定性分析实验

姓 名 : 朱方程

学 号 : SZ170410221

班 级 : SZ1703202

撰 写 日 期 : 2020. 7. 6

实验一 力矩环系统建模及稳定性分析

(一) 实验目的

1. 了解机理法建模；
2. 掌握控制系统稳定性分析的基本方法；

(二) 实验设备

1. GSMT2014 型直流伺服系统控制平台；直流伺服系统电控箱；PC（MATLAB 平台）

(三) 实验任务

1. 建立直流电机力矩环数学模型
2. 分析所得的数学模型是否稳定

(四) 实验原理

系统建模可以分为两种：机理建模和实验建模。机理建模是在了解研究对象的运动规律基础上，通过物理、化学的知识和数学手段建立起系统内部的输入——输出状态关系。实验建模是通过在研究对象上加上一系列的研究者事先确定的输入信号，激励研究对象并通过传感器检测其可观测的输出，应用数学手段建立起系统的输入——输出关系。这里面包括输入信号的设计选取，输出信号的精确检测，数学算法的研究等内容。

用机理建模法建立是以电枢电流 I_d 为输入，以角速度 ω 为输出时，直流电动机的传递函数为

$$\frac{\omega(s)}{I_d(s)} = \frac{C_m}{Js + B}$$

其中已知的参数为转矩常数 $C_m = 0.0644 \text{ Nm/A}$ ，阻尼系数 $B = 0.05 C_m = 3.22 \times 10^{-3} \text{ Nm/rad/s}$ 电机轴上的转动惯量要求检测。

但由于软件本身原因，对电机轴上转动惯量的检测未成功进行，故只能采用参考值 $J=0.00029 \text{ kgm}^2$

(五) 实验步骤和数据

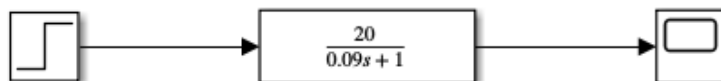
稳定性分析

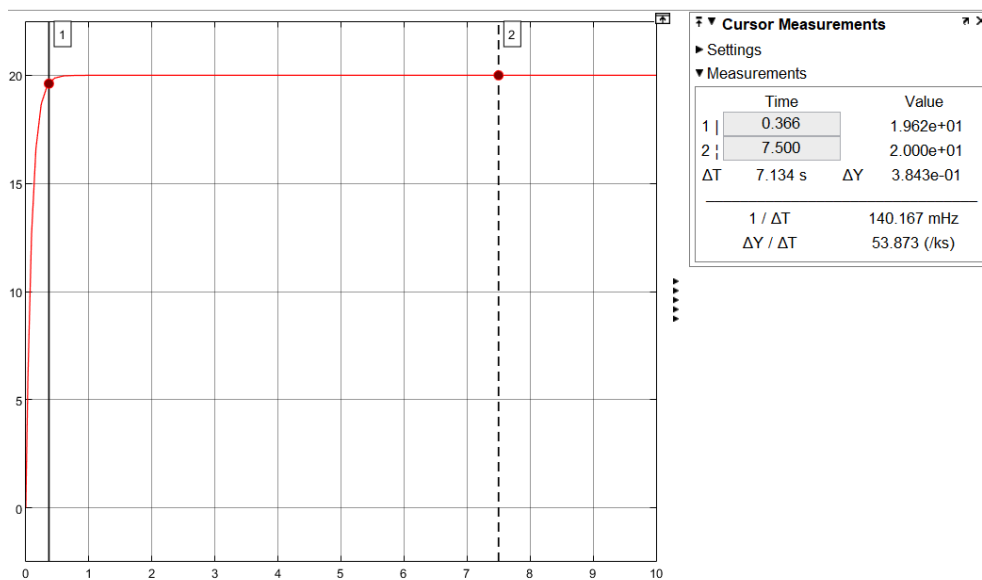
直流伺服电机转速与电流的传递函数是个一阶系统，通过判断极点在 s 的位置，判断系统的稳定性。可以通过 MATLAB 中 Simulink 中仿真验证，也可以连接直流伺服系统进行实时控制验证。

系统的传递函数为

$$\frac{\omega(s)}{I_d} = \frac{20}{0.09s + 1}$$

建立仿真模型





仿真数据表格

| 内容 | 数据 |
|----------|---|
| 开环系统传递函数 | $\frac{\omega(s)}{I_d} = \frac{20}{0.09s + 1}$ |
| 开环系统输入 | 1A |
| 开环系统输出信号 | 稳态值 20，开环系统稳定，超调量 $\sigma=0$ ，调节时间 $t_s=0.366s$ |

（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. 改变阻尼系统，系统模型会有怎样改变？

当加大系统的阻尼，开环系统传递函数的分子减小，即开环增益减小，系统的稳态误差可能增大。

2. 输出为角度时，如何建立系统模型？

角度是角速度对时间的积分，即 $\frac{\omega}{s} = \theta$ ，则系统模型可以建立为

$$\frac{\theta(s)}{I_d} = \frac{20}{s(0.09s + 1)}$$

实验二 带惯量盘系统建模（力矩）

(一) 实验目的

1. 了解机理法建模；
2. 掌握控制系统稳定性分析的基本方法；

(二) 实验设备

1. GSMT2014 型直流伺服系统控制平台；直流伺服系统电控箱；PC（MATLAB 平台）

(三) 实验任务

1. 建立直流电机力矩环数学模型
2. 分析所得的数学模型是否稳定

(四) 实验原理

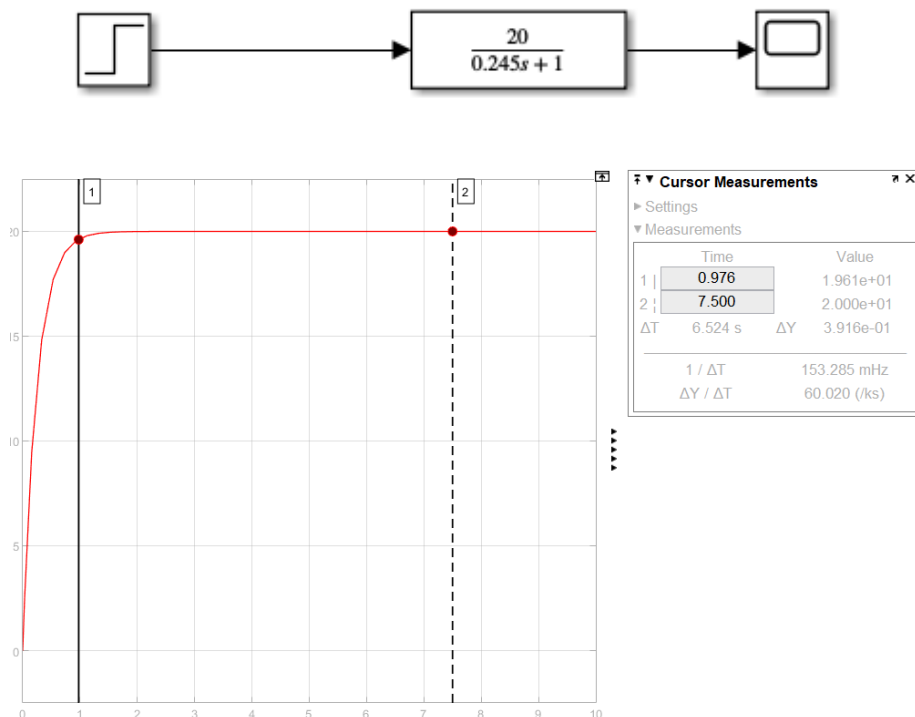
系统建模可以分为两种：机理建模和实验建模。机理建模是在了解研究对象的运动规律基础上，通过物理、化学的知识和数学手段建立起系统内部的输入——输出状态关系。实验建模是通过在研究对象上加上一系列的研究者事先确定的输入信号，激励研究对象并通过传感器检测其可观测的输出，应用数学手段建立起系统的输入——输出关系。这里面包括输入信号的设计选取，输出信号的精确检测，数学算法的研究等内容。

注意：本次实验两个同步带都需要连接电机！并且把两个惯量盘安装到轴上，且测试前需把电机驱动器模式改为（力矩环）运行（重新修改驱动器参数）。

同上个实验，建立模型，开环系统传递函数

$$\frac{\omega(s)}{I_d} = \frac{20}{0.245s + 1}$$

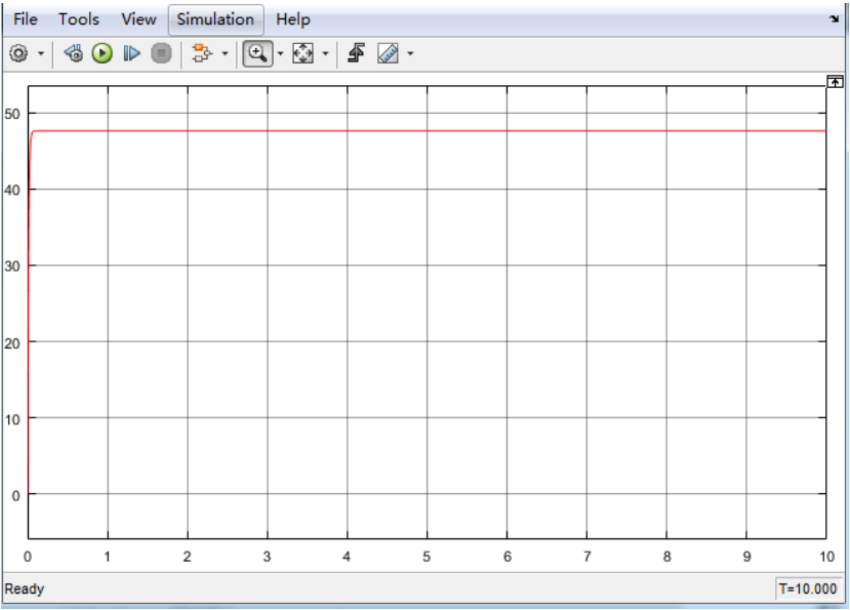
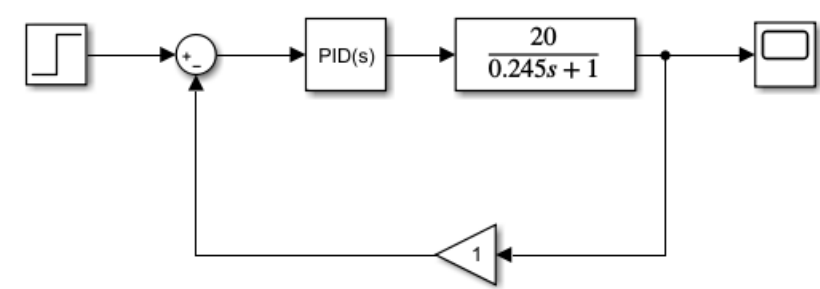
建立 simulink 仿真



仿真数据表格

| 内容 | 数据 |
|----------|---|
| 开环系统传递函数 | $\frac{\omega(s)}{I_d} = \frac{20}{0.245s + 1}$ |
| 开环系统输入 | 1A |
| 开环系统输出信号 | 稳态值 20，开环系统稳定，超调量 $\sigma = 0$ ，调节时间 $t_s = 0.976s$ |

PID 控制器设计



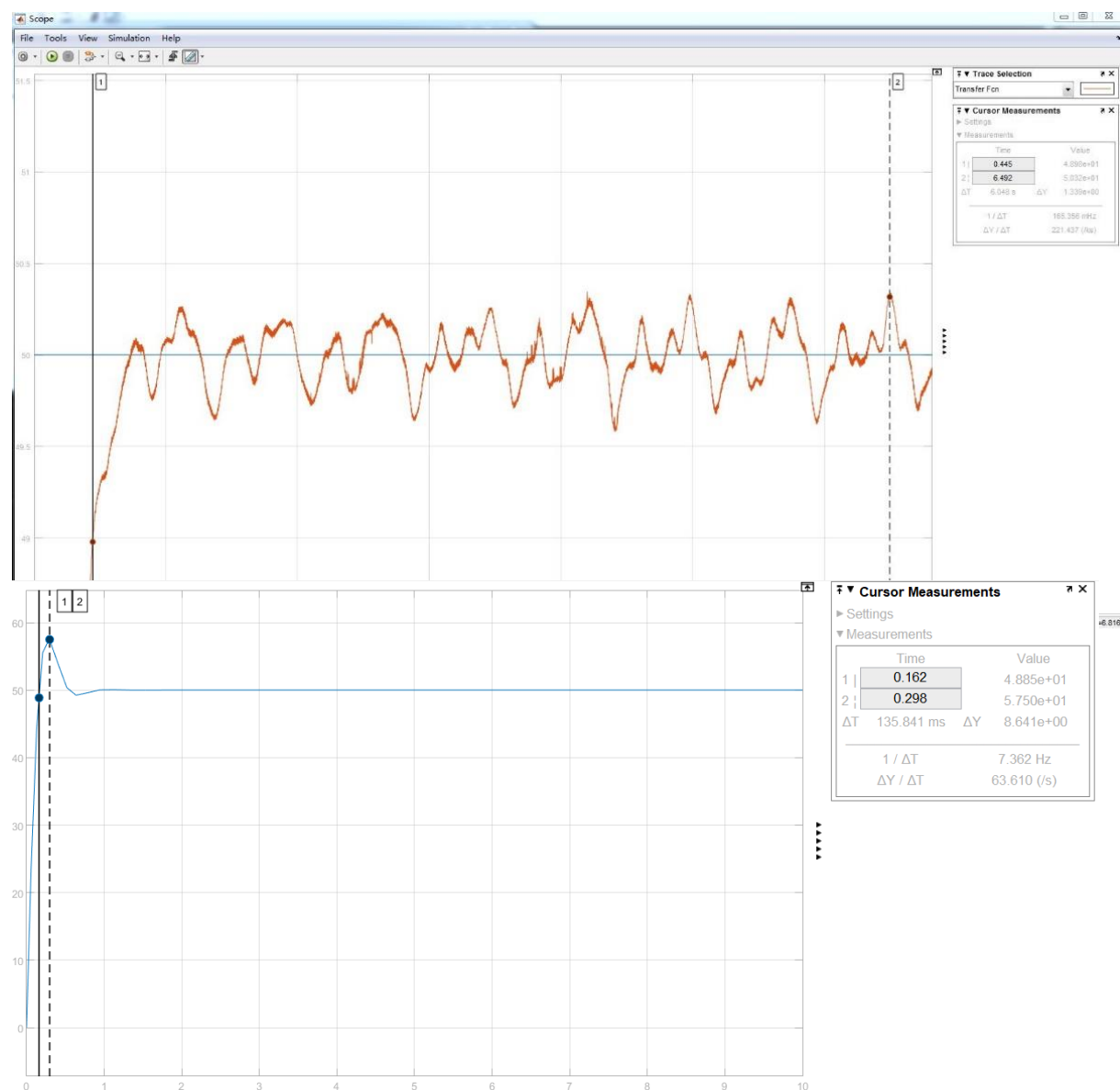
由上图可知，闭环系统系统稳定，稳态值约为 47.6rad/s，稳态误差 4.8%，超调量 $\sigma \approx 0\%$ ，调节时间 $t_s \approx 0.04$ 秒，不满足系统要求。下面设计 PID 校正环节，采用凑试法整定参数，使系统性能指标满足 $t_s \leq 0.5$ 秒， $\delta_p \leq 1\%$ ，稳态误差 0。

数据记录

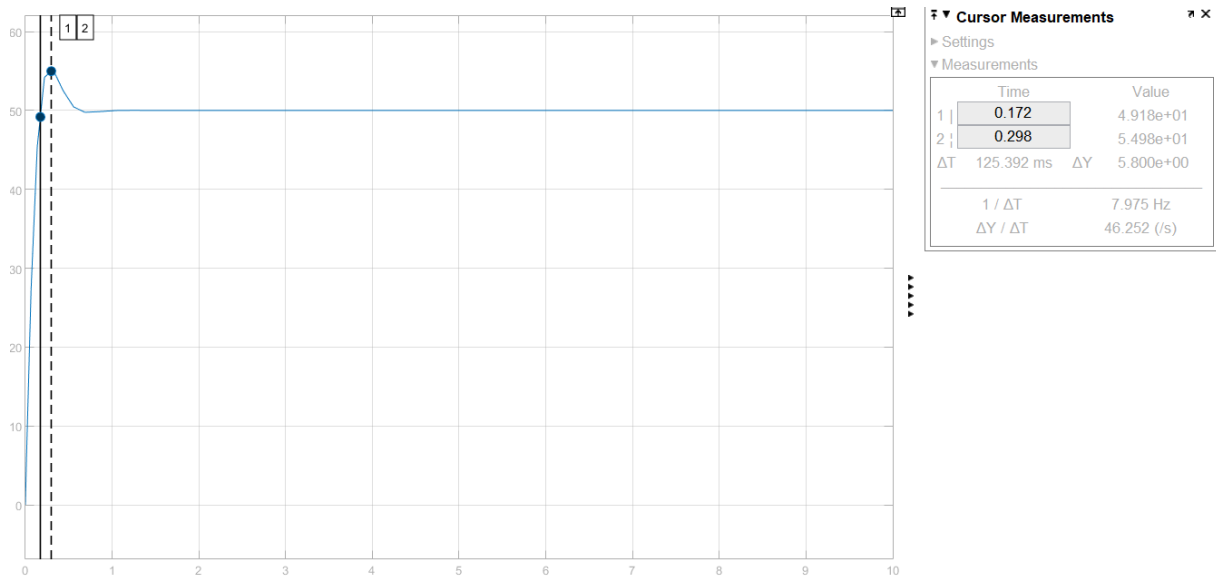
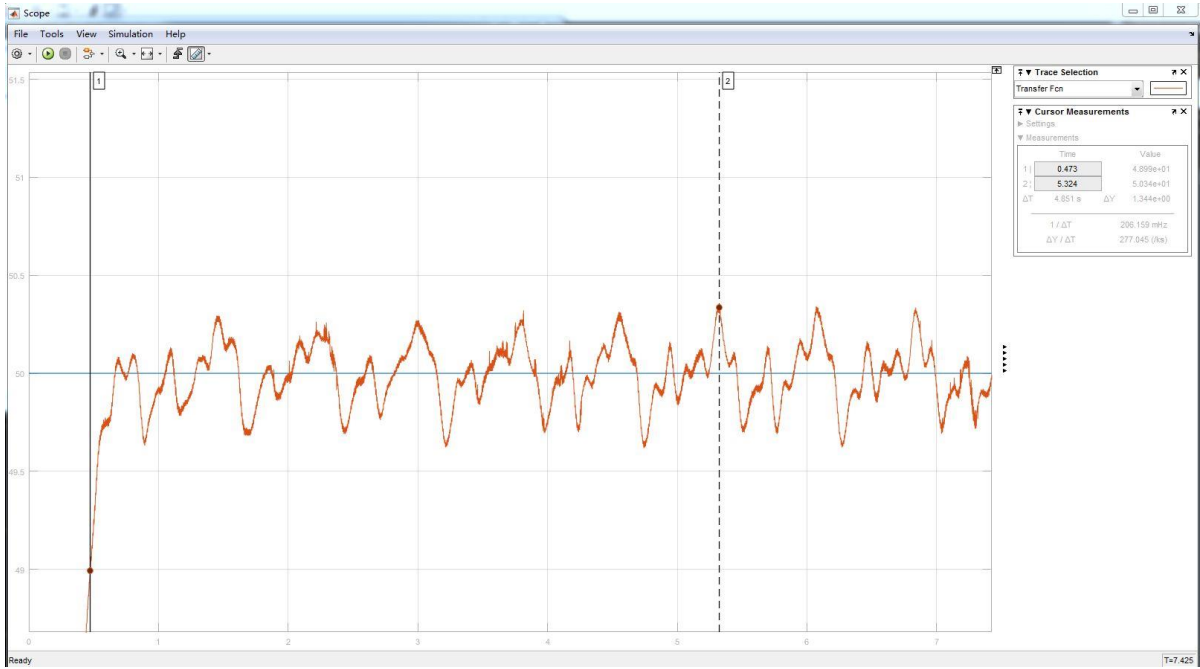
| 项目 | 控制器参数 | 仿真系统性能指标 | 实时控制系统性能指标 |
|---------|----------------------------|--|---|
| 未校正系统 | 无 | 稳态值 47.6rad/s，稳态误差 4.8%，超调 0%，调节时间 0.04s | / |
| PID 控制器 | $K_p=0.1, K_i=1.3, K_d=0$ | $\sigma=11.5\%$, $t_s=0.162s$, 稳态误差 0 | $\sigma=0.64\%$, $t_s=0.445s$, 稳态误差 0 |
| | $K_p=0.12, K_i=1.2, K_d=0$ | $\sigma=9.96\%$, $t_s=0.172s$, 稳态误差 0 | $\sigma=0.68\%$, $t_s=0.473s$, 稳态误差 0 |
| | $K_p=0.1, K_i=1.2, K_d=0$ | $\sigma=13.28\%$, $t_s=0.172s$, 稳态误差 0 | $\sigma=0.7\%$, $t_s=0.463s$, 稳态误差 0 |

由上表可知，仿真数据和实际输出差异很大，原因可能在于建模时存在缺陷，忽略了高频动态特性以及一些摩擦。

$K_p=0.1, K_i=1.3, K_d=0$



$K_p=0.12$, $K_i=1.2$, $K_d=0$



$K_p=0.1$, $K_i=1.2$, $K_d=0$

