

自动控制原理 I 实验2实验报告

姓名： 李昭阳 学号： 2021013445

实验日期： 2023/12/21

实验目的

- 1、掌握极点配置算法，使用状态反馈实现系统控制；
- 2、研究不同极点配置对系统闭环响应的影响；

实验仪器

QUBE-Servo 2 实验系统、*MATLAB* & *Simulink*、*QUARC*

计算系统可控及期望极点选取

根据数据所给出的系统矩阵，使用 *MATLAB* 内置的函数 *ctrb(A, B)* 求解系统可控性，有以下结果。

```
>> Rc = ctrb(A, B)
```

```
Rc =
```

```
1.0e+04 *
```

```
      0      0.0057     -0.0156      0.8949  
      0      0.0056     -0.0154      1.5239  
0.0057     -0.0156      0.8949     -4.8997  
0.0056     -0.0154      1.5239     -6.6076
```

```
>> rank(Rc)
```

```
ans =
```

```
4
```

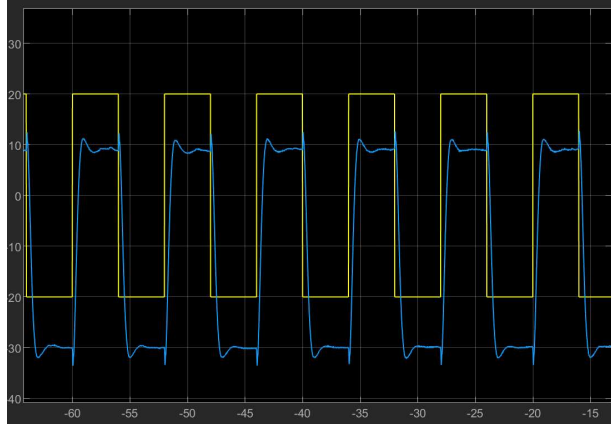
由于 R_c 矩阵满秩，说明系统可控，可以采用极点配置。

由于要求超调量 $p_o \leq 6.81\%$ ，过渡过程时间 $t_s \leq 1.54s$ ，同时超调量和过渡过程时间有以下公式：

$$p_o = e^{-\frac{\xi\pi}{\sqrt{1-\xi^2}}} \times 100\%$$

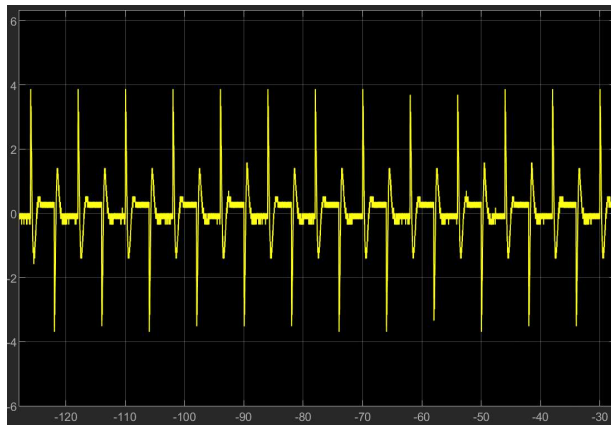
$$t_s = \frac{3-4}{\omega_n \xi}$$

可以反解出 $\xi = 0.65$, $\omega_n = 4$, 即得到一对主导极点 $p_1 = -2.600 + j3.040$, $p_2 = -2.600 - j3.040$ 。剩余极点应当远离主导极点, 即 $p_3 = -40$, $p_4 = -45$ 。求出状态反馈控制增益矩阵 K , 施加仿真, 得到旋转臂转角追踪曲线如下,

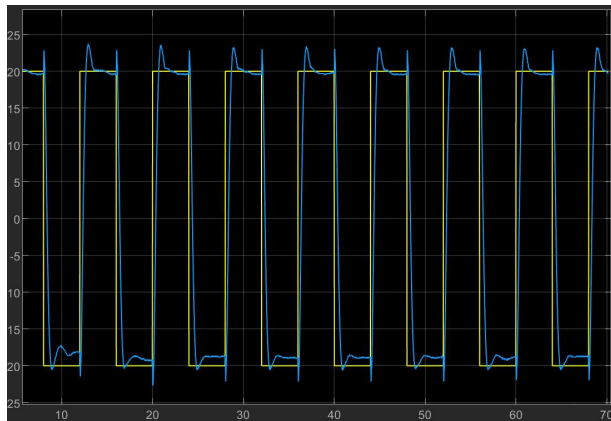


由于绘图的失误, 转角响应整体向下平移了10单位长度, 但是其余情况均较好, 超调量和周期均在预期范围内。

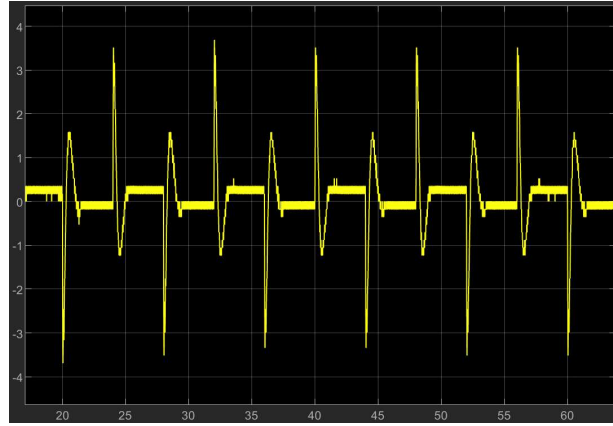
进一步得到旋转摆摆角平衡曲线如下,



改变极点为 $[p_1, p_2, p_3, p_4] = [(-2.600 + j3.040), (-2.600 - j3.040), -30, -55]$, $K = [-4.0812, 46.4565, -1.5825, 3.1612]$, 得到旋转臂转角追踪曲线如下,



进一步得到旋转摆角平衡曲线如下，

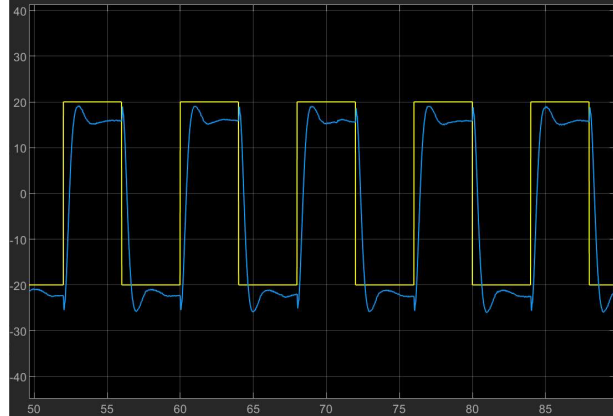


可以发现选取的本组极点所绘制的两个曲线，与第一组极点绘制的两个曲线差异很小。这是由于仅改变非主导极点，对系统的动态特性贡献很小。

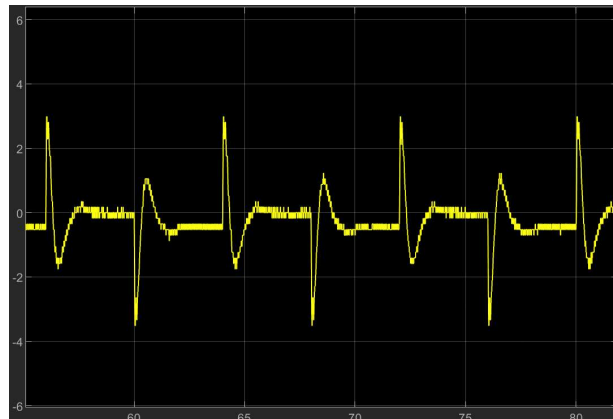
但事实上，非主导极点的远离并不是完全没有影响。在实验过程中，我们发现，如果两个非主导极点均极度远离虚轴，那么系统会趋向于不稳定。

例如，取 $P = [(-2.600 + j3.040), (-2.600 - j3.040), -100, -105]$ ，求得 $K = [-4.0812, 46.4565, -1.5825, 3.1612]$ 。对比第一组极点， K 的各项数值都很大，对系统的控制非常激进。因此我认为这是由于倒立摆的硬件限制，使其无法适应如此激进的控制，故系统趋向于不稳定。

再改变极点为 $[p_1, p_2, p_3, p_4] = [(-2.600 + j3.040), (-2.600 - j3.040), -60, -25]$ ， $K = [-3.7102, 43.4047, -1.4619, 3.0392]$ ，得到旋转臂转角追踪曲线如下，



进一步得到旋转摆角平衡曲线如下，



观察旋转臂转角追踪曲线，发现该旋转臂控制过渡过程时间较之前有所延长，这是由于其一个非主导极点更加靠近虚轴，对系统控制的贡献增大。

观察旋转摆角平衡曲线，发现顺旋转臂旋转方向，旋转摆角峰值减少，这是由于旋转臂过渡过程时间延长，摆动速度减小；同时，发现摆动到位后，逆旋转臂旋转方向，摆角峰值增大，这是由于旋转摆过渡过程时间延长，抵抗倒立摆惯性时间增大。

反思

本次实验中，各项试验的完成度较好，同时除了一处图像存在整体平移偏差，其余收集的各项数据也比较精准、易于分析结论。我对MATLAB的使用愈加熟悉。我认为在以后的实验过程中，我会更熟悉MATLAB的各种操作，同时也会在以后的实验过程中更加谨慎，以保证实验准确。