



哈爾濱工業大學 (深圳)  
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

# 《自动控制实践 A》实验报告

2021 年秋季学期

实验项目: 步进电机特性

学生学号: 190320229

学生姓名: 李鸣航

评阅教师: \_\_\_\_\_

报告成绩: \_\_\_\_\_

实验与创新实践教育中心印制

## 一、简述实验原理

### 1. 步进电机的位置控制

$$\text{齿距角 } \theta_z = \frac{2\pi}{Z}, \text{ 步距角 } \theta_N = \frac{2\pi}{N Z}, N = km$$

一拍前进一个步距角

### 2. 步进电机的矩频特性

静特性 - 静转矩、矩角特性、静态稳定性

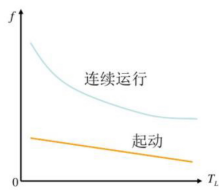


图 2-2-1 步进电机的矩频特性

### 3. 惯量匹配:

$$J_z = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2$$

$$\text{使 } \frac{1}{4} \leq \frac{J_d}{J_m} \leq 5$$

## 二、实验内容

### 1. 步进电机的位置控制.

① 连线 ② 开启直流电源 ③ 设置驱动器细分为 4000

④ 上电, 在输出端悬挂 3 个 200g 的负载. ⑤ 打开 Matlab 程序, 设置参数后编译运行程序.

⑥ 观察并记录输出轴角位移, 以及脉冲数 ⑦ 改变指定脉冲数, 重复上述操作.

### 2. 步进电机的矩频特性

① 连线 ② 开启直流电源 ③ 设置驱动器细分为 4000.

④ 上电, 在输出端悬挂 4 个 1kg 的负载, ⑤ 打开 Matlab 程序, 设置参数后编译运行程序.

⑥ 观察并记录速度曲线, 记录最大速度. ⑦ 改变加速度, 重复上述操作.

### 3. 步进电机的惯量匹配.

① 连线 ② 开启直流电源 ③ 设置驱动器细分为 2000.

④ 上电, 在输出端悬挂 3 个 200g 的负载. ⑤ 打开 Matlab 程序, 设置参数后编译运行程序.

⑥ 观察并记录速度曲线, 进行傅立叶变换 ⑦ 加上惯量块, 重复实验.

### 三、实验结果分析 (附图表)

#### 1. 步进电机的位置控制

表 4-1 实验数据记录 (每台设备数据不同)

	电机轴指定位置脉冲设置 Rise Pos (pulse)	输出轴角位移 (degree)	输出轴脉冲数 (pulse)	理论位移
1	500000	310.4	34490	326.0
2	1000000	621.7	69080	652.0
3	1500000	931.6	103510	977.9
4	2000000	1242	138030	1303.9
5	2500000	1553	172560	1630.0

$$\text{传动比 } i = \frac{500000 + 1000000 + 1500000 + 2000000 + 2500000}{(34490 + 69080 + 103510 + 138030 + 172560)} = 14.4880$$

查表可得, 实验用步进电机步距角为  $1.8^\circ$ , 故计算可得理论位移如上:

理论位置与实例位置并不完全符合, 说明步进电机在运行中出现了丢步现象.

#### 2. 步进电机的起停特性

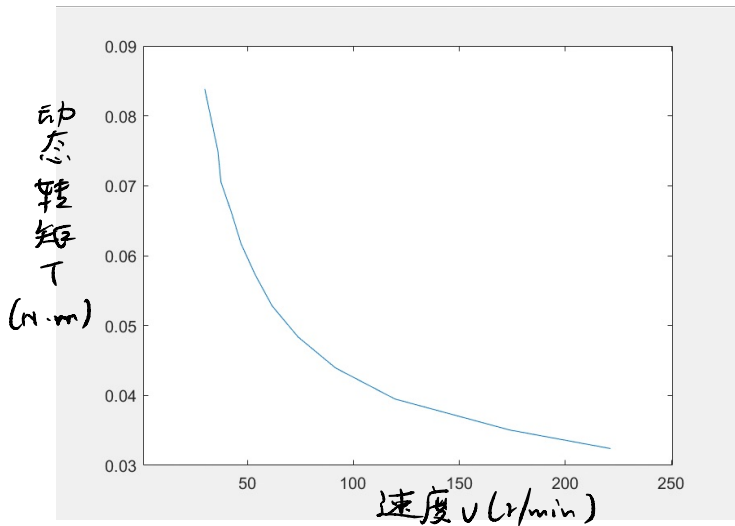
计算后可将  $T, f$  填入.

表 3-2-2 实验数据记录 (每台设备数据不同)

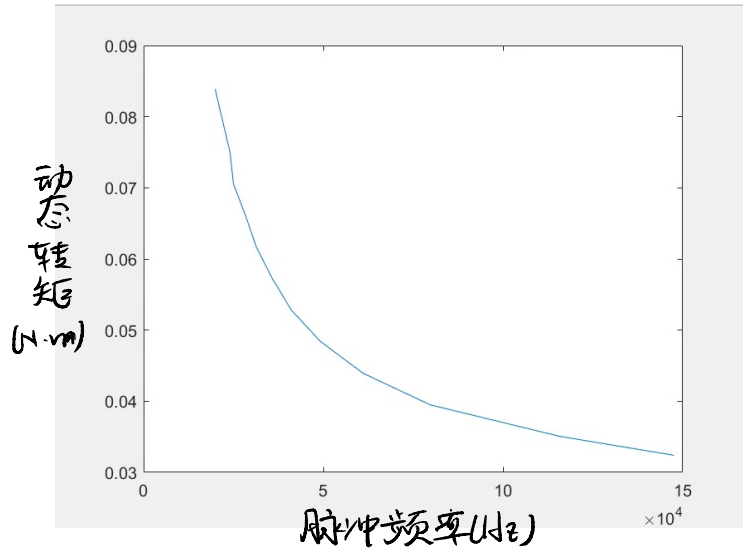
	加速度 $\alpha$ (rpm/s)	最大速度 $v$ (r/min)	电机扭矩 $T$ (N·m)	脉冲频率 $f$ (Hz)
1	100	221.337	0.0324	14.7558
2	250	173.702	0.0351	11.5801
3	500	119.539	0.0395	7.9693
4	750	91.582	0.0439	6.1055
5	1000	73.897	0.0484	4.9265
6	1250	61.669	0.0528	4.1113
7	1500	53.720	0.0572	3.5813
8	1750	47.019	0.0617	3.1346
9	2000	42.531	0.0661	2.8354
10	2250	37.491	0.0705	2.4994
11	2500	36.069	0.0750	2.4046
12	2150	32.968	0.0794	2.1979
13	3000	29.874	0.0839	1.9916

拟合曲线如下:

T-V



矩频特性曲线:



3. 步进电机的惯量匹配

(1) ① 不加惯量块时.

由 2 可知  $J_d = 167 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2$

故  $\frac{J_d}{J_m} = 3.04$

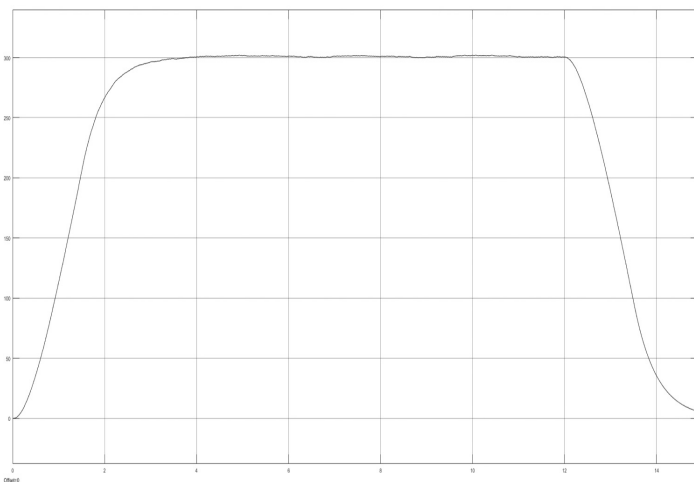
② 加上惯量块后.

$J_d = 167 + \left( \frac{1}{2} \cdot 0.042 \cdot 16^2 + 0.042 \cdot 35^2 \right) = 220.55$

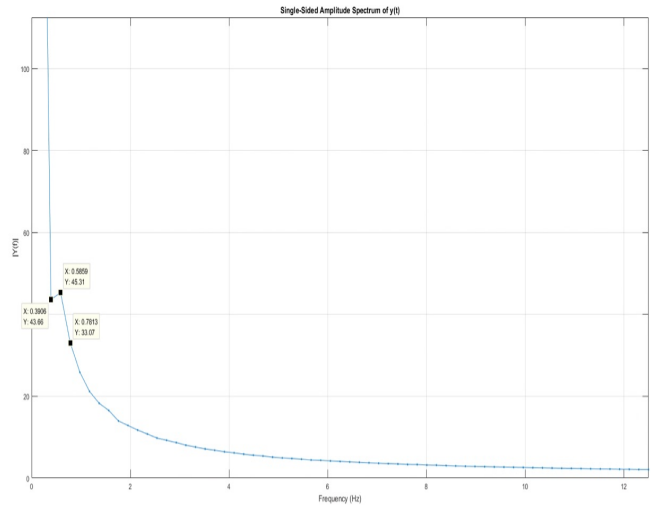
故  $\frac{J_d}{J_m} = 4.01$

(2) 数据图表如下:

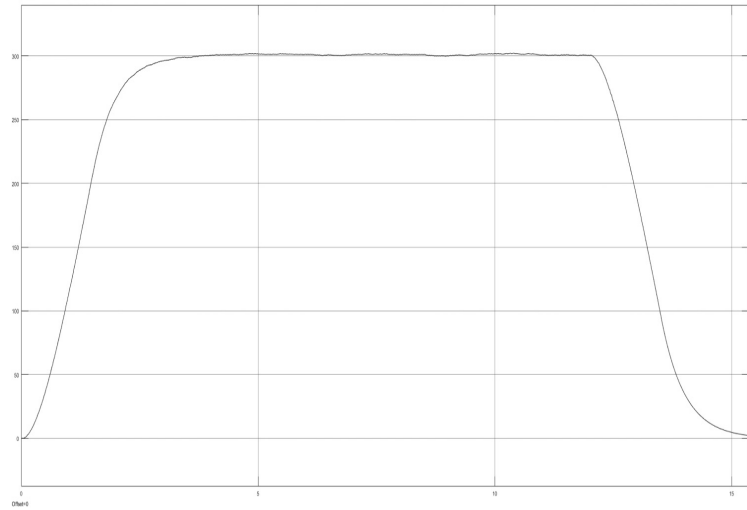
无负载块时 T-V 关系



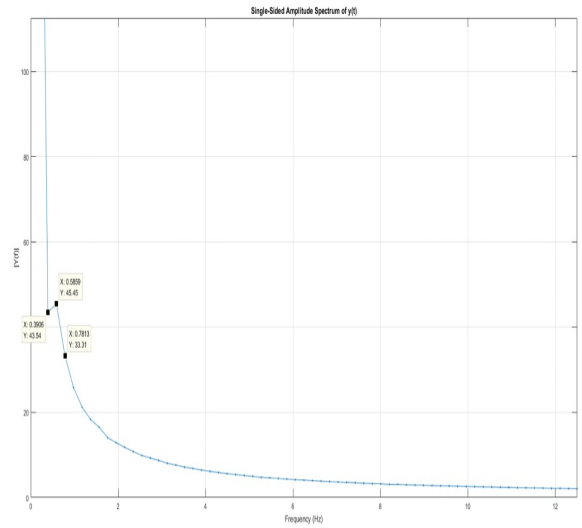
无负载块时的傅氏变换



## 有负载块时T-v关系



## 有负载块时的傅氏变换



惯量匹配的意义在于提高系统稳定性

速度频谱分析可以得到系统带宽,从而避开共振区.