



哈尔滨工业大学 (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: 交流伺服电机特性实验
学生学号: 190410102
学生姓名: 方尧
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

1.1 Clark / Park 变换思想及调压调速

可通过 Clark 和 Park 变换, 使用矢量法控制电机, 建立交流伺服电机的等效模型。电机转矩 $T_m = k_t \Phi I_a$ 与 Φ 和 I_a 分别成正比关系, 模拟直流电机, 求出交流电机与对应的磁链及电枢电流, 独立地加以控制, 即可使交流电机具有与直流电机近似优良特性。

1.2 交流伺服电机调频调速

$\theta = \omega t + \theta_1$, $i_q = i_m \cos(\omega t - \omega t + \theta_0 - \theta_1)$, $i_d = i_m \sin(\omega t - \omega t + \theta_0 - \theta_1)$ 一般强制 $i_d = 0$, 始终保持 $\omega_1 = \omega$, $\theta_0 = \theta_1$, 即转子角频率等于定子电流角频率。转速不高情况下, 改变电流角频率相当于改变定子旋转磁场的转速, 使得转子以相同角频率旋转。

1.3 交流伺服电机负载 (T-V) 特性

dq 变换 $U_q = i_q \times R_m + k_e \times \omega$, $T = k_t i_q$, 当电机转速 ω 增大时, 电机反电势趋近于 U_q 的最大值, 此时绕组线圈 q 轴电流不能保证, 故电机不能以原有的加速度保持匀加速。

二、实验内容

2.1 交流伺服电机调压调速

- ① 进行线路连接 ② 打开直流电源, 给出输出电压 48V, 按下输出按钮。
- ③ 拆下皮带 ④ 打开 Matlab 程序, 设置串口, 编译, 下载
- ⑤ 在开关处于 "0" 和 "1" 时分别记录 Voltage 在 0, 20, 40, 60, 80, 100 下电机的转速。

2.2 交流伺服电机调频调速

- ① 打开 matlab 相应的程序 ② 设置串口和波特率 ③ 编译程序
- ④ 在开关处于 "0" 和 "1" 下分别记录 Frequency 分别 0, 20, 40, 60, 70 下电机速度。

2.3 交流伺服电机负载特性实验

- ① 连接好同步带 ② CCS 导入对应工程 PMSM_SD, 仿真下载, 拔出 USB1
- ③ 使用 USB2 口连接电脑, 打开 Matlab, 选择 "Turntable_position.slx", 编译运行。
- ④ 插入 USB1 和 USB2, 打开 load_control.slx
- ⑤ 在负载分别为 200g, 600g, 1000g, 2000g, 3000g 下, model 为 "1" 下降到离桌面约 68cm 处, 更改 "model" 为 2, 滑动滑块 Speedcontrol 到任意位置, 负载向上运行 68cm 后停止运动, 再将滑块滑至 0 处, 停止程序运行, 更换配重。

三 实验结果分析 (附图表)

表3-1-1 开关为0数据表

	voltage	r/min
1	0	0
2	20	-228
3	40	-480
4	60	-638
5	80	-762
6	100	-830

表3-1-2 开关为1数据表

	Voltage	r/min
1	0	0
2	20	234
3	40	507
4	60	770
5	80	950
6	100	1060

3.2 调频调速

表3-2-1 开关为0数据表

	Frequency	r/min
1	0	0
2	20	-295
3	40	-600
4	60	-900
5	70	-1050

表3-2-2 开关为1数据表

	Frequency	r/min
1	0	0
2	20	300
3	40	600
4	60	900
5	70	1050

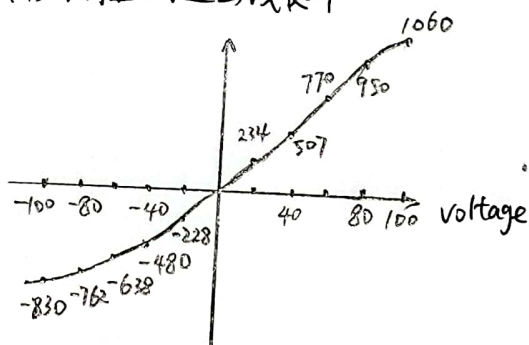
3.3 交流伺服电机负载特性.

表3-3-1 负载速度对照表

	负载(g)	电机最大速度
1	200	900
2	600	896
3	1000	832
4	2000	904
5	3000	880

实验分析

(1) 调压调速曲线如下



电压和转速间基本成线性关系,故工程师们常说电压决定转速;更严密的说法是电机反电动势决定转速。 $e = k_e \Omega$

抖动的原因:电压不足以提供高速转动的电压,即电压大小限制了其抖动均值为1000r/min,使得转速一直在1000r/min左右振荡,即发生明显的抖动。

(2) 调频调速

调频调速原理

$$\begin{cases} i_q = i_m \cos(\omega t - \omega_1 t + \theta_0 - \theta_1) \\ i_d = i_m \sin(\omega t - \omega_1 t + \theta_0 - \theta_1) \end{cases}$$

其中 θ_0 : 电流初始角度; ω : 电流角频率, ω_1 : 转子磁场角频率

使 $i_d = 0$, $\omega = \omega_1$, $\theta_0 = \theta_1$, 改变定子 ω 相当于改变 ω_1

交流伺服电机与直流电机调速的区别:

交流伺服电机调速通过调整旋转磁场的参数来调节转速, 操作复杂

直流电机通过调压、调阻、弱磁调节转速, 实现较为简单, 但由于定子电刷和转子换向器的存在

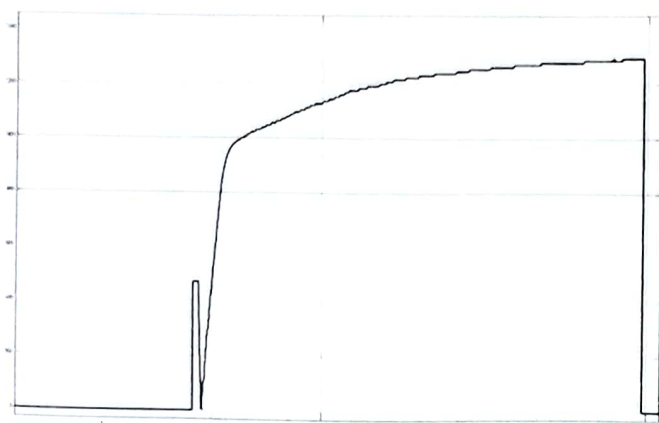
(3) 负载特性

随着负载的增大, 可保持匀加速达到的最大速度减小。

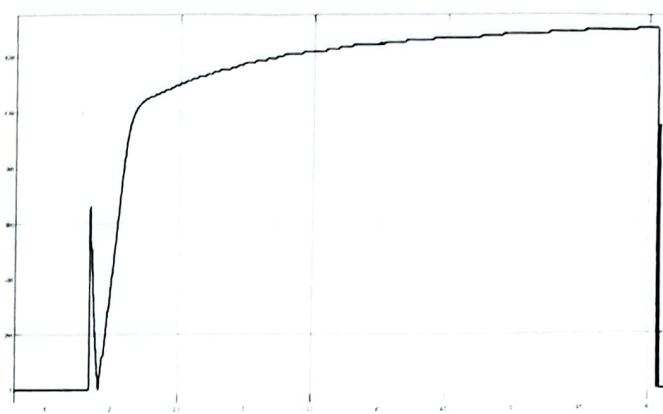
$$\text{由} \begin{cases} U_g = i_q R_m + k_m \omega & ① \\ T = k_t i_q & ② \end{cases}$$

负载越大, 即所提供 T 越大, i_q 则需越大, 但电源供电一定, 匀加速能达到的 ω 越小, 即电机保持匀加速能达到的最大转速越小。

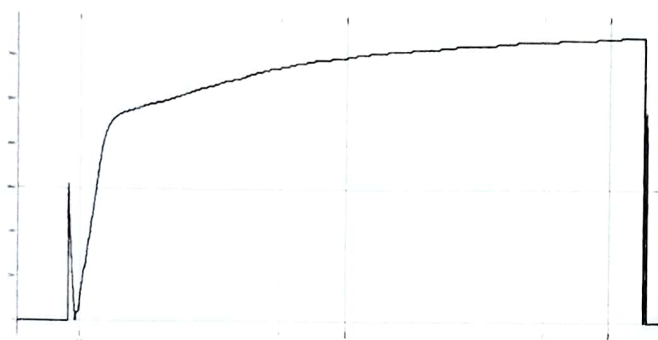
实验二第三部分实验结果



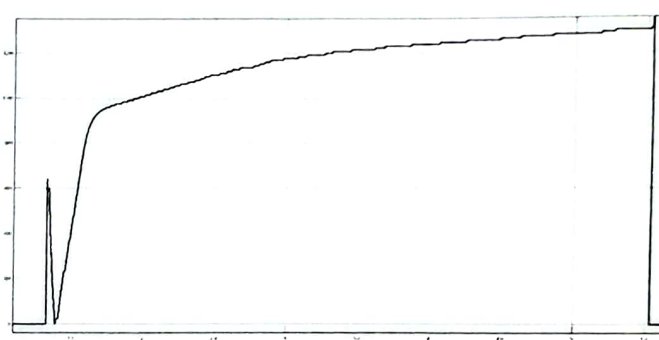
200g



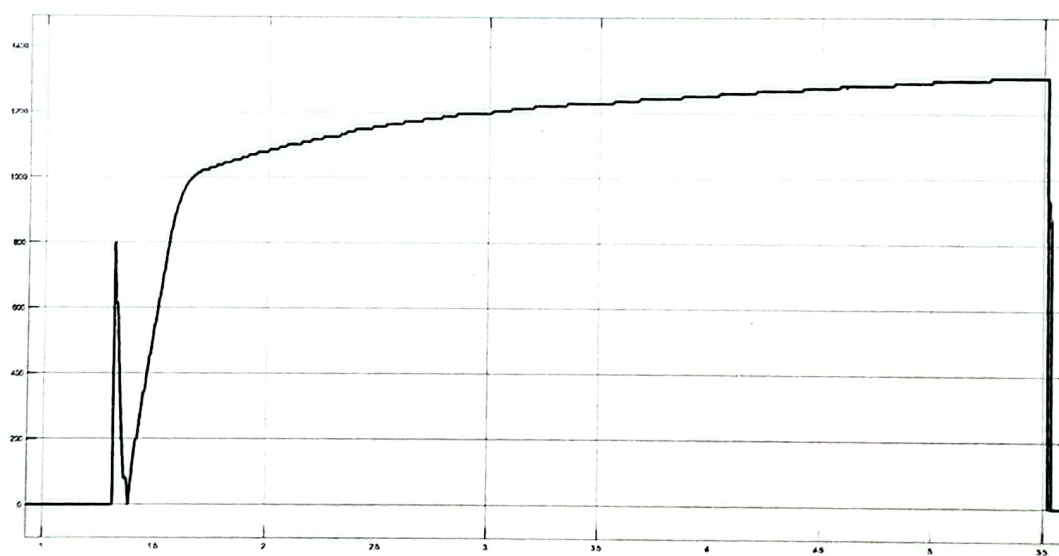
600g



1000g



2000g



3000g