



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: 电机PWM控制与驱动电路实验

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 直流无刷电机六步换相

控制系统构成包括：控制器、IGBT驱动器、桥式电路、无刷直流电机、霍尔传感器。

根据无刷直流电机转子磁极位置，对定子线圈进行换向通电，形成6步旋转磁场，进而带动转子同步转动。关键技术在于：一、如何通过安装在电机上的三个霍尔器件A、B、C来准确快速获取转子磁极位置信息；二、如何通过三相桥式电路来控制定子线圈的6拍通电方式，从而形成旋转磁场。

1.2 交流伺服电机Clark/Park变换

在伺服系统中，直流伺服控制根本原因是 I_d 是独立的，使用矢量控制方法控制电机时需建立等效模型，使用Clark和Park变换对矢量进行变换并加以控制。

二、实验内容

2.1 直流无刷电机六步换相

- ①编写程序代码，②进行线路连接 ③打开工程文件 ④打开Matlab工程文件
- ⑤设置相应的参数，改动模块参数 ⑥启动程序 ⑦调整参数，观察速度图像。

注意事项：①按下停止按钮前，先将pid_ref置零。

②仅改动关键词处代码和头文件MOTOR_DIR取值

2.2 交流伺服电机Clark/Park变换实验

- ①设计出Clark核心代码，②打开CCS，打开相应的C文件。
 - ③根据对Park变换原理的理解以及变量意义，设计出Park变换核心代码。
 - ④在头文件中编写代码 ⑤编译下载代码，验证代码。
 - ⑥连接线路，⑦打开工程文件，编译 ⑧打开Matlab软件，打开PMSM项目
 - ⑨设置参数 ⑩运行程序，设置PID模块参数，监控力矩模式的速度和位置，观察图像，
- 注意事项：按下停止按钮前，先将pid_ref置零。

三、实验结果分析 (附图表)

4.1 直流无刷电机六步换向

1. 换向逻辑 (逆/顺时针霍尔器件状态, 以及对应三相通电方式)

逆时针旋转 (六步换向),

顺时针旋转 (六步换向)

霍尔传感器输入			相电压			霍尔传感器输入			相电压		
1	2	3	A	B	C	1	2	3	A	B	C
0	1	0	DC+	关	DC-	1	0	1	DC+	关	DC-
0	1	1	DC+	DC-	关	0	0	1	关	DC+	DC-
0	0	1	关	DC-	DC+	0	1	1	DC-	DC+	关
1	0	1	DC-	关	DC+	0	1	0	DC-	关	DC+
1	0	0	DC-	DC+	关	1	1	0	关	DC-	DC+
1	1	0	关	DC+	DC-	1	0	0	DC+	DC-	关

2. CCS程序工程导入, 程序编译等整个控制流程结果

对应的逆时针、顺时针旋转图像见附录中“实验-结果”;

3. 程序关键字 MOTOR_DIR == 1 处代码

```

if (hall1.HallGpioAccepted == 5) ; else if (hall1.HallGpioAccepted == 3) ; else if (hall1.HallGpioAccepted == 6)
    pwm1.CmtnPointer = 0; ; pwm1.CmtnPointer = 2; ; pwm1.CmtnPointer = 4;
else if (hall1.HallGpioAccepted == 1) ; else if (hall1.HallGpioAccepted == 2) ; else if (hall1.HallGpioAccepted == 4)
    pwm1.CmtnPointer = 1; ; pwm1.CmtnPointer = 3; ; pwm1.CmtnPointer = 5;
    
```

4.2 交流伺服电机 Clark 变换和 Park 变换

1. 永磁同步电机的 Park 变换和 Clark 变换公式

$$\text{Clark} \begin{cases} i_{\beta} = (2i_b + i_a)/\sqrt{3} \\ i_{\alpha} = i_a \end{cases}$$

$$\text{Park 变换} \begin{cases} I_D = i_{\alpha} \cos \theta + i_{\beta} \sin \theta \\ I_Q = -i_{\alpha} \sin \theta + i_{\beta} \cos \theta \end{cases}$$

2. CCS程序工程导入, 程序编译等整个实现对电机运动控制结果.

速度 speed 位置 pos 图像见附录中“实验二结果”。

附录：各实验实验结果

实验一结果

逆时针旋转输出图像：

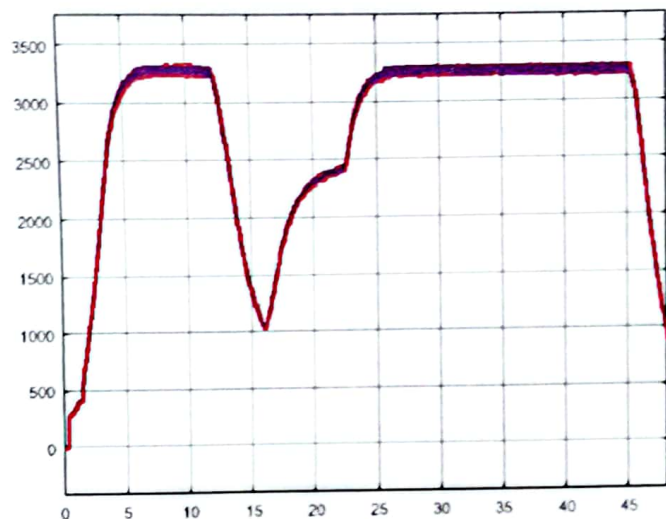


Figure 1: 逆时针结果 1

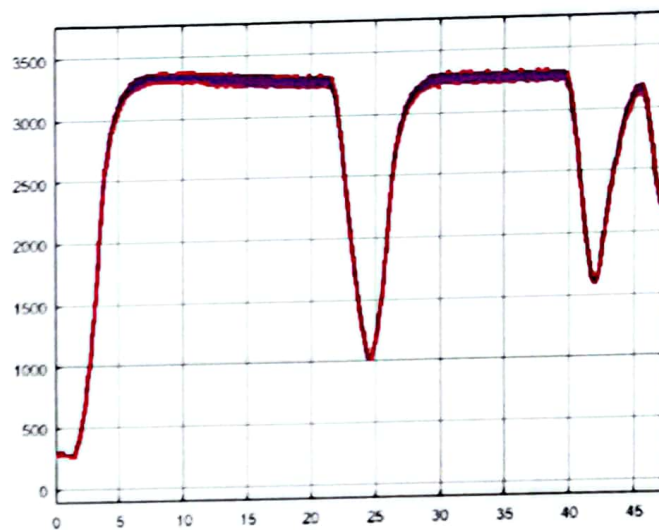


Figure 2: 逆时针结果 2

顺时针旋转输出图像：

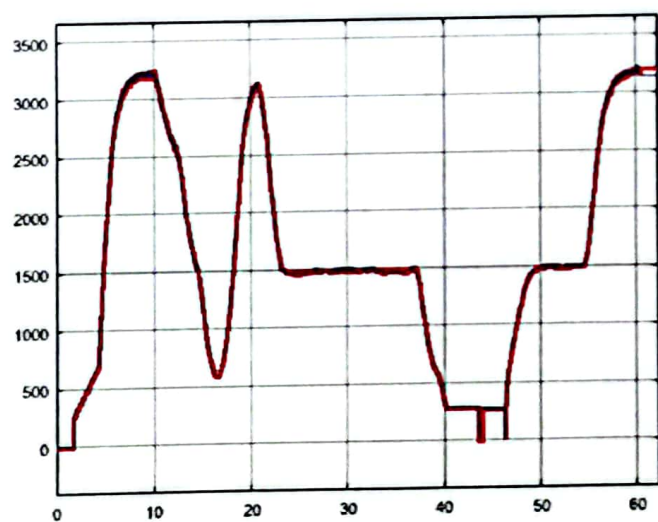


Figure 3: 顺时针结果 1

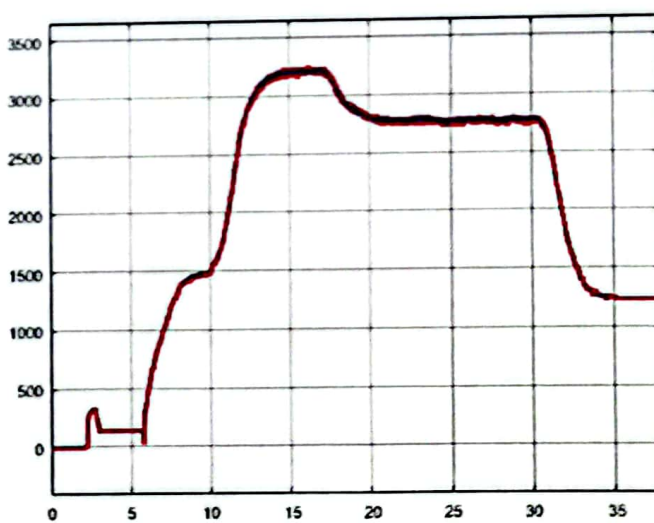
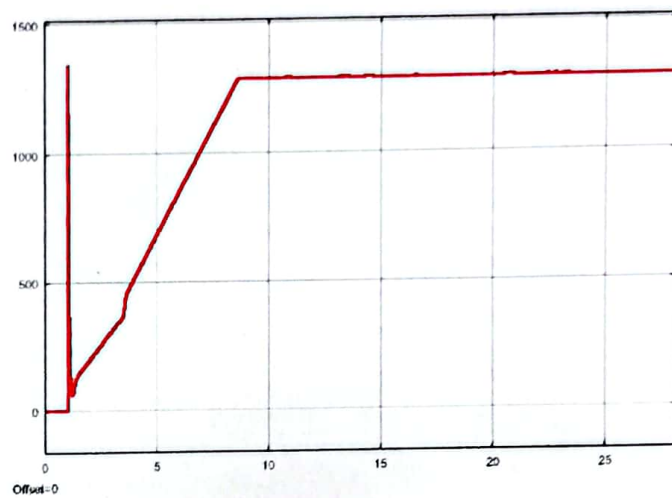
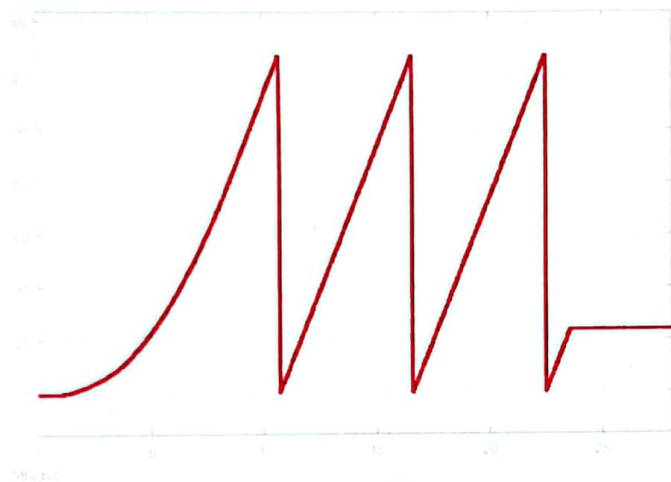


Figure 4: 顺时针结果 2

实验二结果

第一次运行结果:



第二次运行结果:

