# 电机控制课设报告

## 一、题目分解与分工

### 课设题目：速度给定方式与速度调节器设计

#### 子任务分解：

**1、速度给定方式实现**：完成阶跃、斜坡、S曲线三种给定方式的程序实现。

**2、速度环PI调节器设计**：基于闭环控制结构，实现速度PI调节器，完成参数整定。

**3、系统仿真与实验验证**：利用STM Motor Pilot工具进行波形观察与分析，采集实验数据。

## 二、设计过程

整个系统基于STM32G431RB平台，采用STM官方电机控制开发工具链，包括STM32CubeMX、Motor Control Workbench、STM32CubeIDE、Motor Pilot等工具，构建了一个完整的电机闭环控制系统。

系统采用FOC（Field Oriented Control）控制方式，使用电机反馈（霍尔或编码器）实现闭环速度控制，在目标速度给定与当前速度之间通过PI调节器进行调整。

## 三、原理与算法设计

### 3.1 速度给定方式原理

**1、阶跃给定**：在控制开始时立即设定一个固定目标速度，适用于快速响应测试。

**2、斜坡给定**：设定速度每周期按照固定步长上升/下降，实现线性加速。

**3、S曲线给定**：使用S型函数（如sigmoid或三次函数）在加速度变化上平滑过渡，减少机械冲击。

### 3.2 PI调节器原理

速度PI控制器计算目标速度与实际速度之差（误差），用比例项P提高响应速度，积分项I消除稳态误差。其数学表达式如下：

u(k)=u(k−1)+Kp(e(k)−e(k−1))+Kie(k)u(k) = u(k-1) + K\_p(e(k) - e(k-1)) + K\_i e(k)

## 四、硬件实现

控制主板：NUCLEO-G431RB

驱动板：X-NUCLEO-IHM16M1（使用STSPIN830）

电机：GBM2804H-100T 无刷直流电机

电源：外接DC稳压源

编码器/霍尔反馈用于速度采样

系统通过三相PWM驱动电机，使用电流检测+速度反馈构建闭环控制。

## 五、软件流程图

graph TD

A[系统初始化] --> B[硬件初始化 & PWM配置]

B --> C[电机参数配置（Workbench生成）]

C --> D[设定速度给定模式]

D --> E[主循环/中断处理]

E --> F[读取速度反馈]

F --> G[计算PI输出 -> 调整PWM占空比]

G --> H[电机运转控制]

## 六、算法实现

### 6.1 给定方式程序框架（伪代码）

switch(mode) {

case STEP:

speed\_ref = STEP\_VALUE;

break;

case RAMP:

if (speed\_ref < TARGET) speed\_ref += delta;

break;

case S\_CURVE:

speed\_ref = S\_curve(t);

break;

}

### 6.2 PI控制算法

error = speed\_ref - speed\_meas;

integral += error \* Ki;

out = Kp \* error + integral;

## 七、实验结果与分析

### 7.1 实验波形展示

**1、阶跃响应**：响应快，但存在较大超调。

**2、斜坡响应**：速度平稳上升，抖动小。

**3、S曲线响应**：启动平滑，适合实际应用。

### 7.2 调节器响应效果

PI调节器参数整定后，能有效减小稳态误差

通过Motor Pilot进行实时调整优化控制效果

## 八、心得与体会

通过本次实验，对FOC控制、电机速度控制原理、PI调节器应用等有了深入理解，并熟悉了STM32电机控制开发工具的完整流程。

过程中遇到了电机无法启动、参数调试不稳定等问题，通过查阅资料和逐步验证得到解决，锻炼了综合解决问题的能力。

## 九、后续改进方向

1、引入前馈控制，提升响应速度。

2、使用更优的速度曲线（如五阶多项式）提升机械舒适性。

3、尝试基于模型的控制（如自适应PI）进一步提高稳定性。

4、增加位置闭环控制模块，实现伺服控制功能。