

自动控制原理专题实验

西安交通大学



## 直流电机位置控制系统实验报告

班级：自动化 2101    自动化 2101

姓名：张晓宇    白柯渊

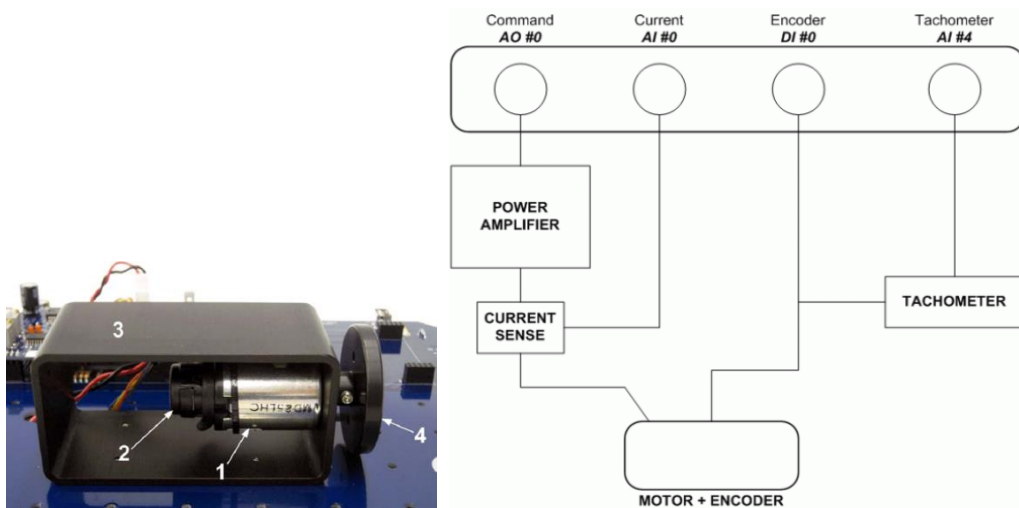
学号：2211410812    2211410814

## 1. 实验目的

1. 了解直流电机转角测量与控制的基本原理，熟悉 Quanser QNET 直流电机实验板动能模块。
2. 熟悉 PID 参数对系统性能的影响，掌握 PD 算法设计。
3. 掌握 LabVIEW 图形化编程方法，直流电机位置控制系统实现

## 2. 实验设备与软件

1. 硬件设备：计算机、NI ElvisII实验平台、QuanserQNET 直流电机。
2. 软件系统：Win7 系统、Labview2015 开发软件。



图一 QuanserQNET 直流电机及数据接口

## 3. 实验步骤

1. 阅读《自动控制原理实验指导》P38-2.1.2，熟悉 Quanser QNET 直流电机。
2. 研读例程、函数与控件说明，熟悉 LabVIEW 控制与仿真控件，计数器采样，属性节点的作用，计数值 U32 换算位置参数，子 VI 的应用等内容。编程实现对 Quanser QNET 直流电机的位置控制。（物理端口：输入 CTR#0（计数器），输出 AO#0。）
3. 界面标注控制系统名称，注明组员班级姓名。变量命名规范，文字统一中文或英文。调试出系统后，保存记录 PD 参数初值下的控制曲线图，再对比记录比例、微分参数增大和减小情况下控制曲线变化。

## 4. 实验原理

基于 Quanser QNET 的直流电机位置控制设计, 主要包含 3 部分: 电机驱动, 位置测量, 控制算法。

1. 电机驱动: Quanser QNET 直流电机实验板上的 PWM 功率放大电路用来直接驱动电机, 放大电路的输入信号为 NI ELVIS 的 AO0 通道所输出的电压信号。放大电路的最高输出电压为 24 V, 最大峰值输出电流为 5A, 最大连续输出电流为 4 A, 线性放大增益为 2.3V/V。

2. 位置测量: 位置测量采用的是光电编码器。通过直流电机后部安装的一个高精度的光学正交编码器, 在电机旋转时连续产生脉冲序列, 每个脉冲对应于一个固定的旋转角度, 因此只要对编码器产生的脉冲进行计数就可以知道电机的旋转角度(即位置)以及转速。可以通过 NI ELVIS 的 0 号计数器(CTR0)的源(Source)通道对脉冲进行计数。

3. 控制算法: PD 控制是一种基于比例——微分控制器的控制策略, 其思路是通过对系统的误差和误差变化率进行测量和处理, 实现对系统输出的精确控制。具体来说, PD 控制器的输出由两部分组成: 比例项和微分项。比例项表示当前误差的大小, 微分项表示误差变化率的大小。两个项的加权和构成了 PD 控制器的输出信号。PD 控制器的工作流程如下:

i. 通过传感器或其他测量手段, 获得系统输出与期望值之间的误差(称为偏差)。

ii. 根据偏差计算比例项, 即偏差乘以一个比例系数  $K_p$ , 用于表示当前误差的大小。

iii. 计算微分项, 即偏差变化率(当前偏差减去上一时刻偏差的差值)乘以微分系数  $K_d$ , 用于表示误差变化率的大小。

iv. 将比例项和微分项加权求和, 得到 PD 控制器的输出信号。

v. 输出信号作为系统的控制输入, 控制系统输出与期望值之间的误差。

PD 控制器常用于控制系统的位置、速度、加速度等参数, 适用于许多不同的控制对象, 常见应用有: 机器人控制: 用于控制机器人臂的位置和速度, 以及机器人轮的速度和方向; 电机控制: 用于控制电机的速度和位置, 例如直流电

机和步进电机；航空航天控制用于控制飞机的姿态和高度，以及航天器的轨道和姿态。

## 5. 实验结果

### 1. 程序框图

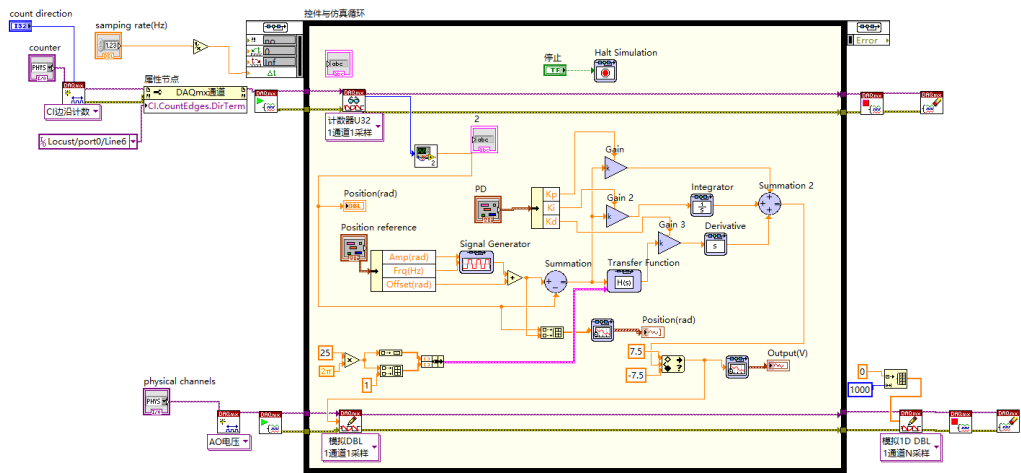


图 2 实验程序框图

本次实验设定的基本参数为：幅值=2V，频率=0.5Hz，采样率=250Hz。

### 2. 实验曲线图

i. 初始参数： $K_p = 2.1, K_d = 0.033$

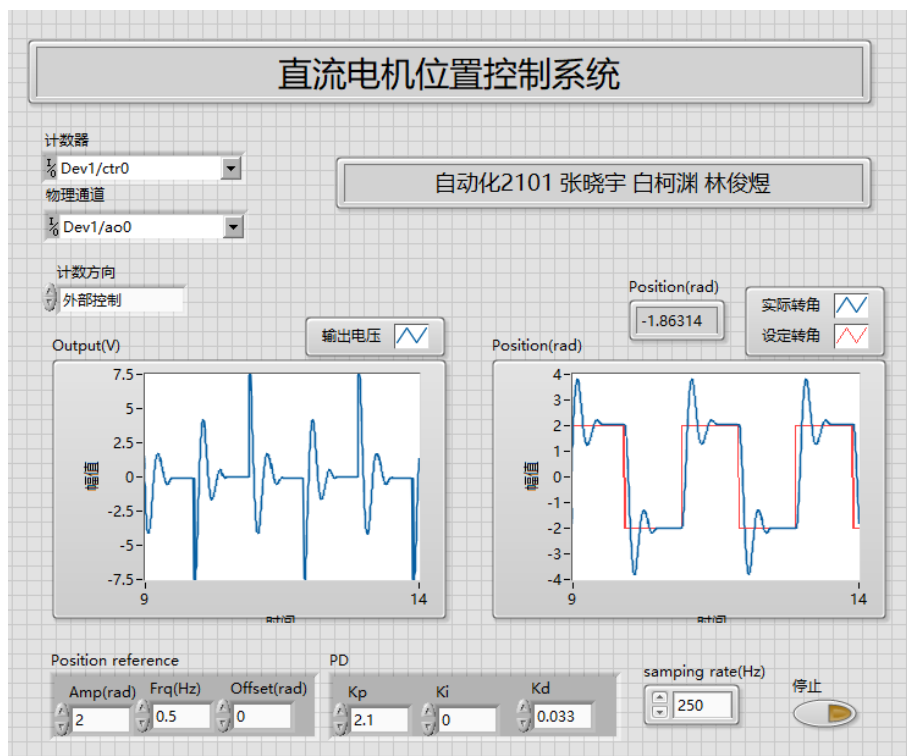


图 3  $K_p = 2.1, K_d = 0.033$  输出电压及直流电机转角曲线

- ii. 更改参数，较初始参数增大  $K_p$ :  $K_p = 5, K_d = 0.033$

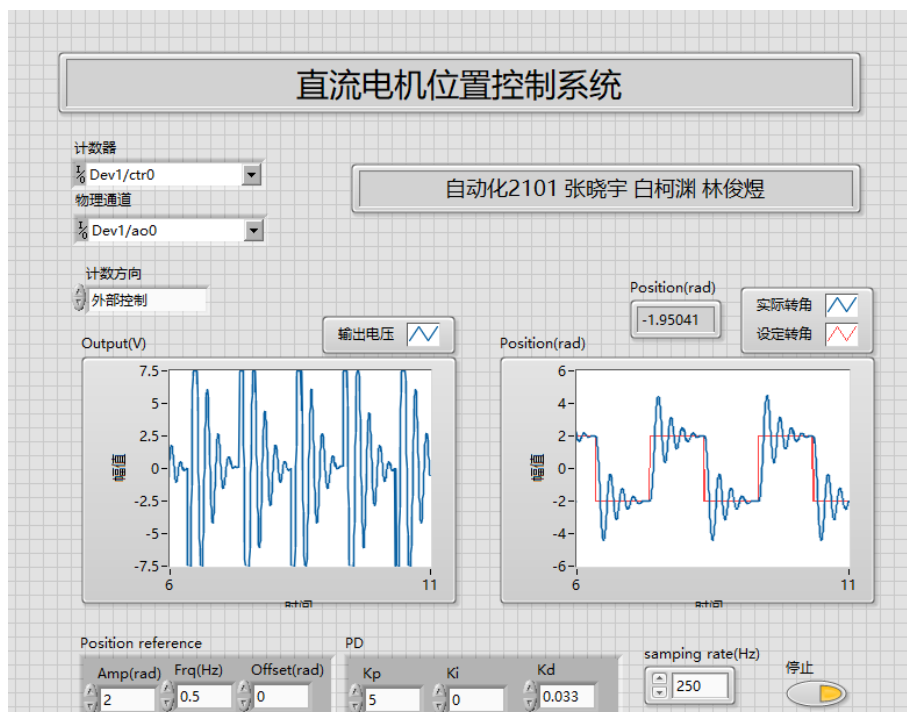


图 4  $K_p = 5, K_d = 0.033$  输出电压及直流电机转角曲线

- iii. 更改参数，较初始参数减小  $K_p$ :  $K_p = 1, K_d = 0.033$

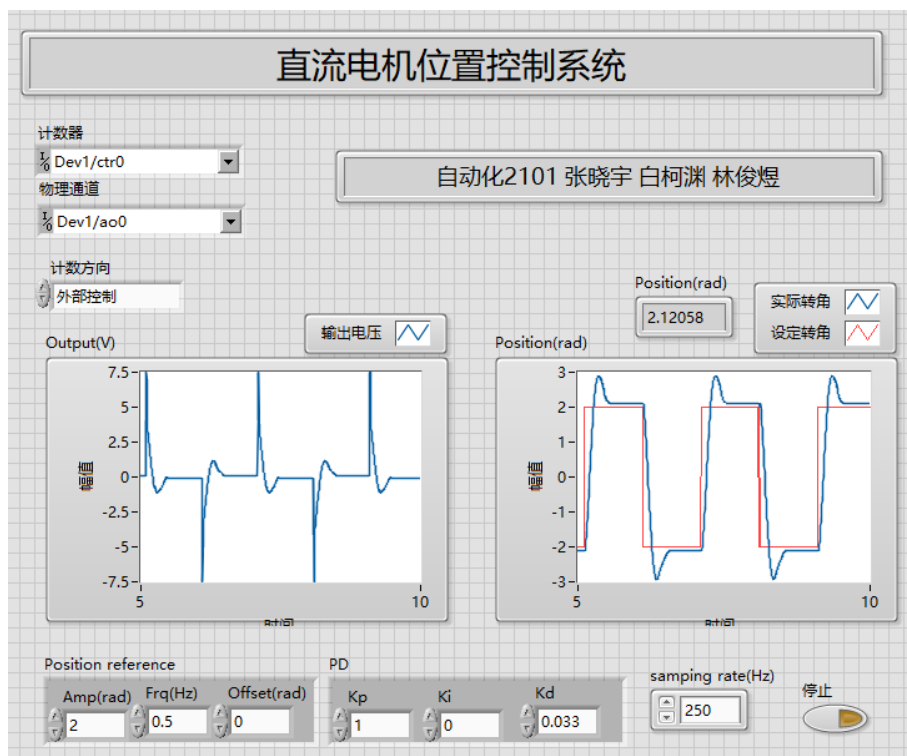


图 5  $K_p = 1, K_d = 0.033$  输出电压及直流电机转角曲线

- iv. 更改参数，较初始参数增大  $K_d$ :  $K_p = 2.1, K_d = 0.1$

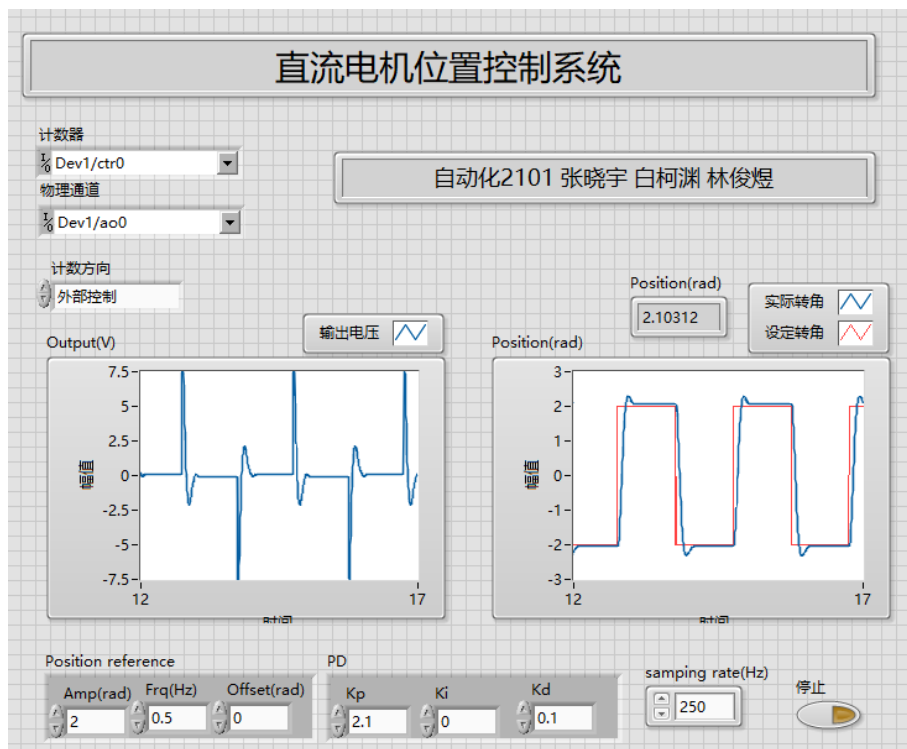


图 6  $K_p = 2.1, K_d = 0.1$  输出电压及直流电机转角曲线

- v. 更改参数，较初始参数减小  $K_d$ :  $K_p = 2.1, K_d = 0.01$

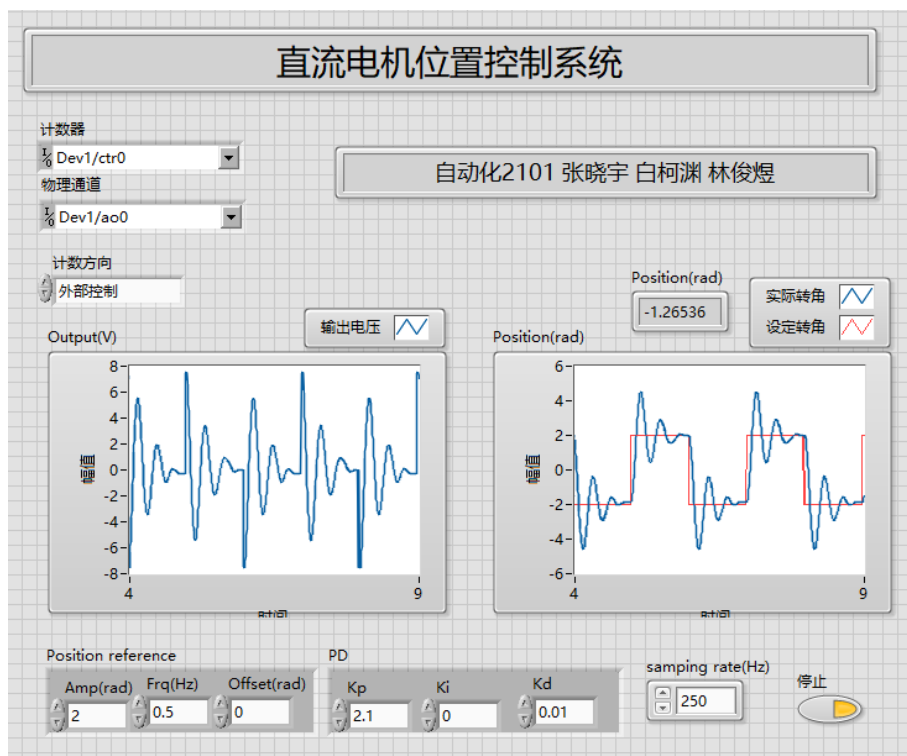


图 7  $K_p = 2.1, K_d = 0.01$  输出电压及直流电机转角曲线

vi. 最优参数组 1:  $K_p = 2, K_d = 0.11$

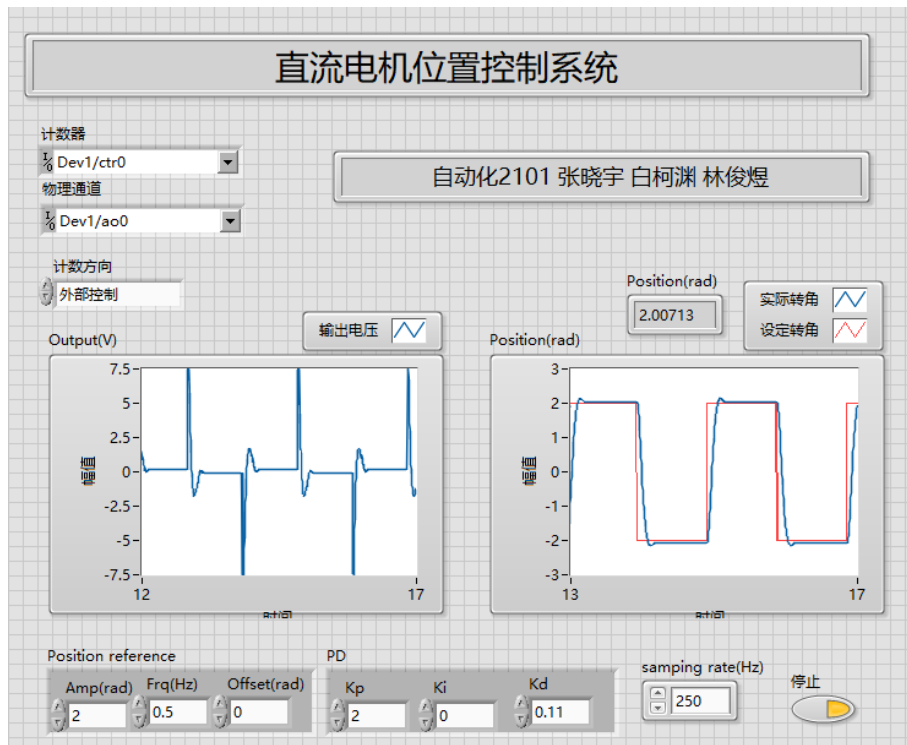


图 8  $K_p = 2, K_d = 0.11$  输出电压及直流电机转角曲线

vii. 最优参数组 2:  $K_p = 3, K_d = 0.13$

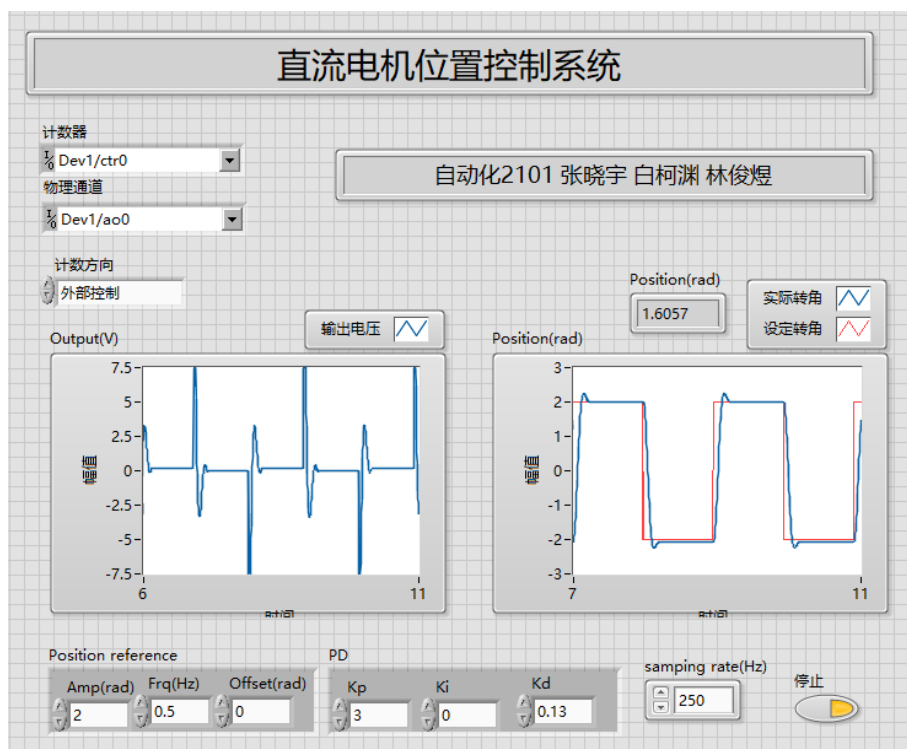


图 9  $K_p = 3, K_d = 0.13$  输出电压及直流电机转角曲线

## 6. 实验总结

### 1. Lab VIEW 实现过程中的关键步骤

- 将需用控件添加至原理图，连接线路，全局检查。
- 设计子程序，添加输入输出端子。
- 前面板设计。添加所需输入输出控件、必要的显示信息，修改各个显示控件名称，合理设计布局。

### 2. 实验结果分析

- 初始参数下，位置控制超调严重、出现振荡，调节时间长，存在较大稳态误差，控制效果差。
- 在初始参数条件下，修改  $K_p$  的值。只增大  $K_p$ ，系统振荡更加剧烈，调整时间变长，系统瞬态性能变差；系统存在一定稳态误差，稳态性能较差。只减小  $K_p$ ，系统振荡减弱，调整时间变短，系统瞬态性能变好，稳态性能无明显改变。



iii. 在初始参数条件下, 修改 $K_d$ 的值。只增大 $K_d$ , 系统瞬态性能均得到较大提升; 稳态性能有一定改善。只减小 $K_d$ , 系统瞬态性能无改善, 并且随着 $K_d$ 减小, 瞬态性能变差; 稳态性能良好。

iv. 上述实验可知, 在初始参数下增大 $K_d$ 可以改善系统瞬态性能, 而减小 $K_p$ 可以减小系统超调, 于是得出第一组最优 PD 参数:  $K_p = 2, K_d = 0.11$ 。

v. 增加系统的开环增益, 可以提高系统的稳态精度, 加快速度响应。于是尝试适度增大 $K_p$ 改进控制效果, 但过大的 $K_p$ 会导致系统振荡、超调, 可以通过增大 $K_d$ 进行控制补偿。得到第二组最优参数:  $K_p = 3, K_d = 0.13$ 。

### 3. 关于 PD 控制的作用及参数调整规律总结

i.  $K_p$ : 增大系统的开环增益, 可以提高系统的稳态精度, 加快速度响应, 使时间常数和阻尼系数减小。但过大的开环增益会使系统的超调量增大, 稳定裕度变小, 甚至使系统变得不稳定。

ii.  $K_d$ : 具有超前作用, 可以增大系统的相位裕度与幅值穿越频率, 加快系统的响应速度, 但因幅值增加而放大系统内部的高频噪声。微分控制反映误差的变化率, 对稳态误差无改善作用, 同时会使系统抗干扰能力下降。

### 4. 调试中的出现的问题与解决方法

特别注意连线时端子的选择, 有些控件端子密集, 及其容易误连, 应该反复检查。

### 5. 实验总结与心得

本次实验, 使用 Lab VIEW 设计程序, 对电机进行 PD 控制。

通过实验, 对 LabVIEW 软件仿真有了更深的认识。对于 PD 控制的作用、参数整定的规律有更加具体的认知。对自动控制理论理解更加深入。