

实验二 直流电机位置控制系统

自动化 2104 班

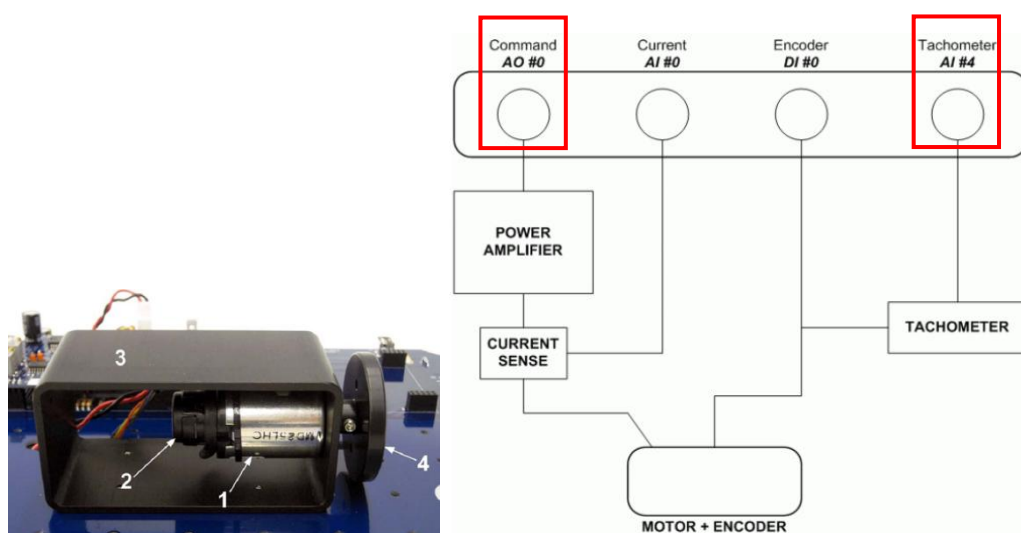
李相宜 马茂原

一、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 直流电机实验板功能模块。
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

二、实验设备与软件

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



二、实验步骤

1. 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。

2. 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。

3. 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。

三、PD 控制思路

PD 控制器（Proportional-Derivative Controller）是一种常见的反馈控制器，它基于系统的误差信号（目标值与实际输出值之差）以及误差的变化率来计算控制信号。PD 控制的核心思路如下：

A. 比例控制：根据当前误差的大小来产生一个控制输出。根据当前误差值，产生一个与误差成正比的控制量。误差越大，控制输出就越大，从而使系统输出更快地趋近于目标值。

B. 微分控制：微分项的作用是根据误差变化率来产生一个控制输出。误差变化较快时，微分项产生一个与误差变化率成正比的控制量，从而抵消系统输出的突变或超调。

C. PD 控制器综合作用：调节比例增益 (P) 和微分增益 (D)，PD 控制器可以实现快速响应和良好的稳定性。

PD 控制器可以应用于：

1. 运动控制系统：机器人关节运动控制、伺服电机位置控制等。
2. 过程控制系统：温度控制、液位控制、压力控制等。
3. 电力电子系统：直流电机速度控制、逆变器电压控制等。

四、LabVIEW 的实现过程中的关键步骤

这个 LabVIEW 程序主要组件及其功能的说明如下：

1. 信号发生器："Signal Generator"模块用于产生可调振幅和频率的正弦信号，产生的信号作为控制系统的参考输入。
2. 控制对象模型："Summation"和"Transfer Function"模块表示被控制的系统或装置的数学模型。传递函数模块定义了控制对象的动态行为特性。
3. 控制器："PD"模块代表比例微分(Proportional-Derivative,PD)控制器。控制器将误差信号(参考值与实际输出之差)作为输入,根据比例和微分项生成控制信号。
4. 仿真："Halt Simulation"模块经过一定迭代次数后停止仿真。
5. 数据采集和可视化："DAQmx"模块用于数据采集,表明该程序与硬件接口进行数据采集。"Locust/port0/line6"模块用于数据输入或输出。"ACquireData"和"ACReadData"模块用于从硬件通道采集和读取数据。"Counter"模块可能用于跟踪迭代次数或样本计数。
6. 信号处理："Gain"模块对各种信号施加缩放系数。"Integrator"模块执行数值积分,用于实现控制器的积分项或信号调理。"Derivative"模块

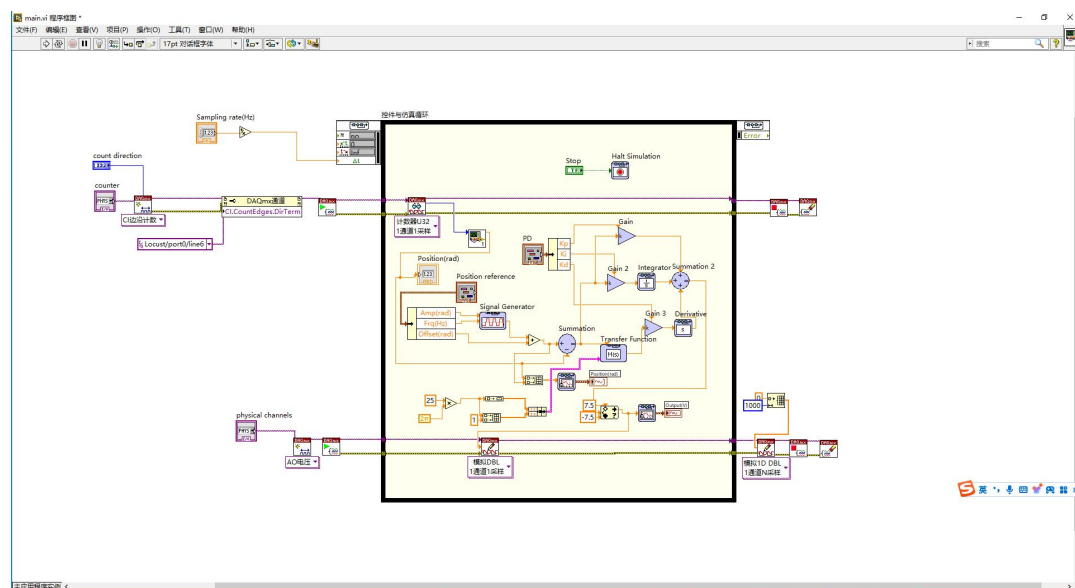
计算信号的导数,用于 PD 控制器的微分项或信号调理。"Summation 2"模块组合多个信号,用于反馈或控制信号计算。

7. 配置和调优: "Sampling rate(Hz)"控件允许调整系统的采样率。"Position reference"控件用于设置控制系统的期望位置参考值。"Gain 2"控件调整 PD 控制器的比例增益。"Gain 3"控件调整 PD 控制器的微分增益。

这个 LabVIEW 程序的关键步骤包括:

1. 设置信号发生器模块,输入所需的信号参数。
2. 配置控制对象模型的传递函数,精确描述系统动态特性。
3. 实现 PD 控制器,并且设置适当的调优参数。
4. 连接各个模块以实现信号流、反馈回路和数据采集/可视化。
5. 配置数据采集通道,确保与硬件正确接口。
6. 运行仿真或在目标硬件上实现控制系统。
7. 分析系统性能,根据需要调整参数。

综上所述, LabVIEW 程序如图 1 所示。



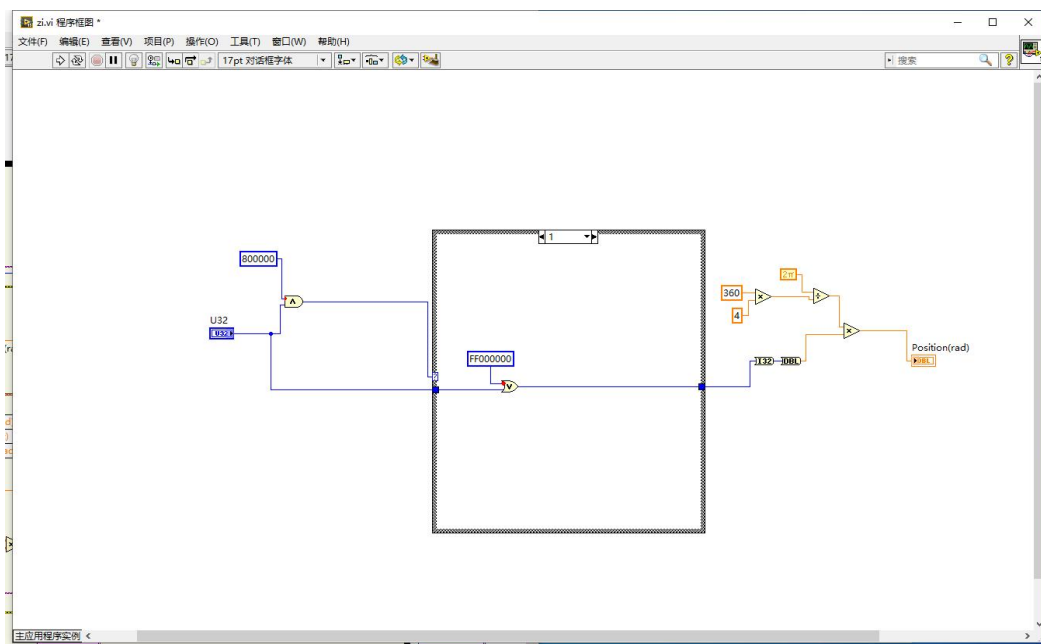


图 1 LabVIEW 程序

五. 记录不同比例参数和不同微分参数下的系统辨识结果图像

其他基本参数初值：采样率=250Hz，转角= 2 rad，频率=0.5Hz。

1. 不同比例参数

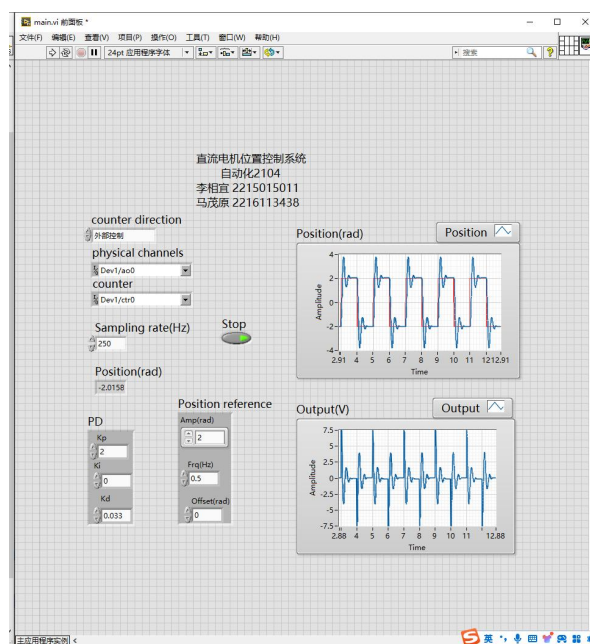


图 2 $K_p: 2.1$, $K_d: 0.033$

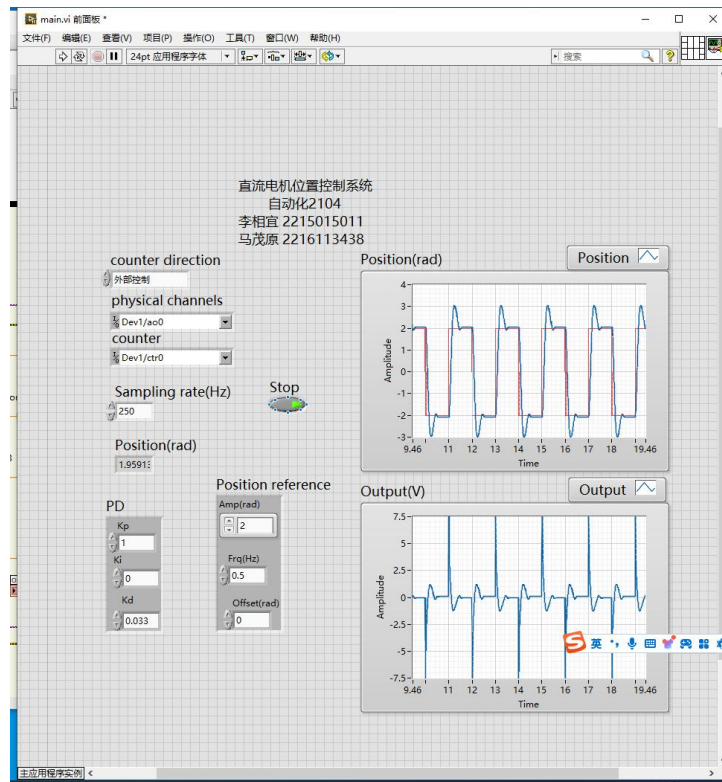


图3 $K_p: 1, K_d: 0.033$

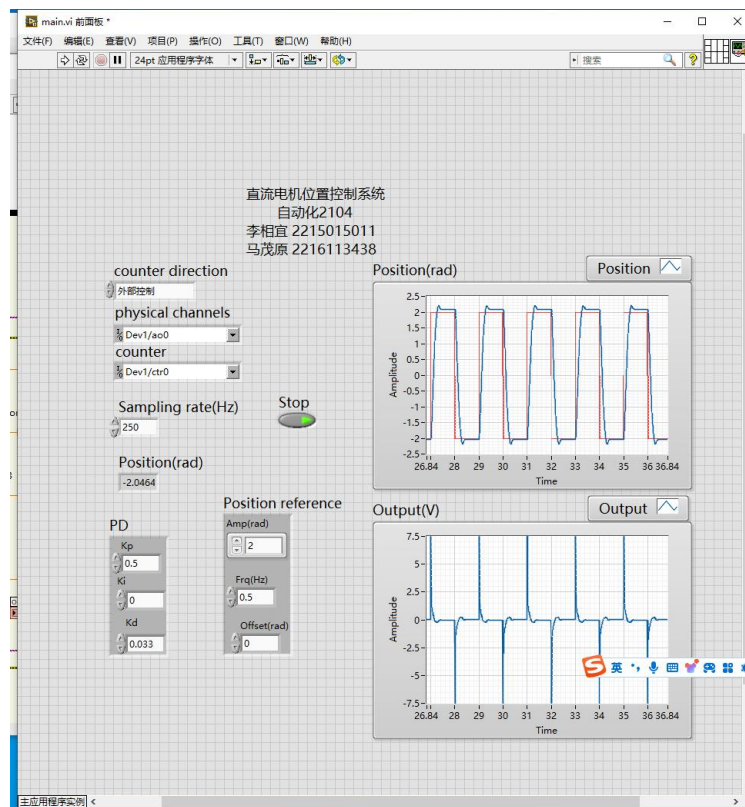


图4 $K_p: 0.5, K_d: 0.033$

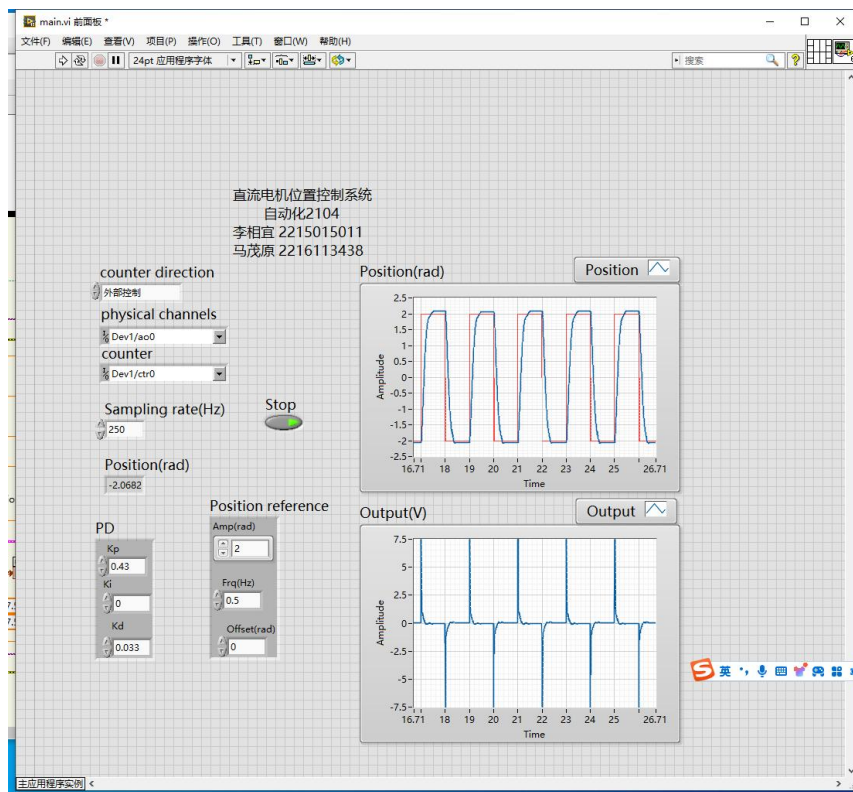


图 5 $K_p: 0.43$, $K_d: 0.033$

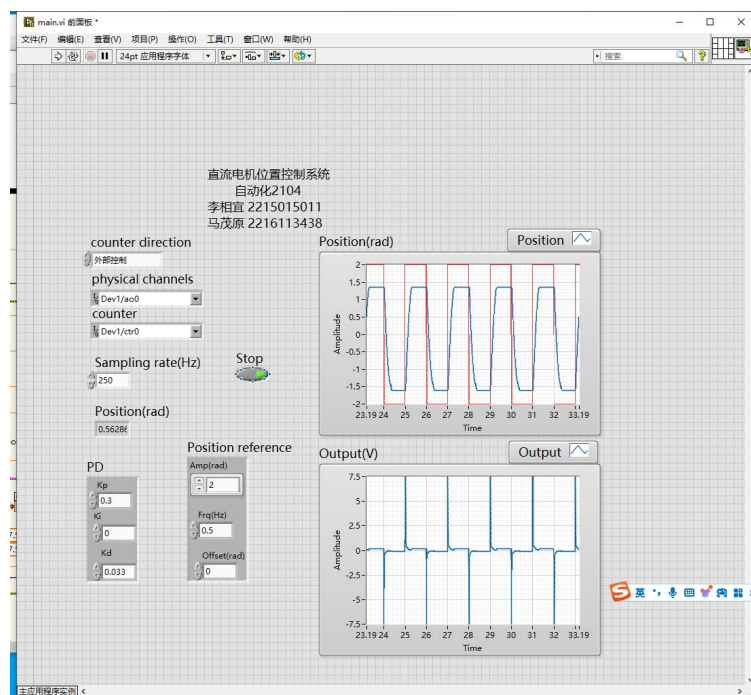


图 6 $K_p: 0.3$, $K_d: 0.033$

2. 不同微分参数

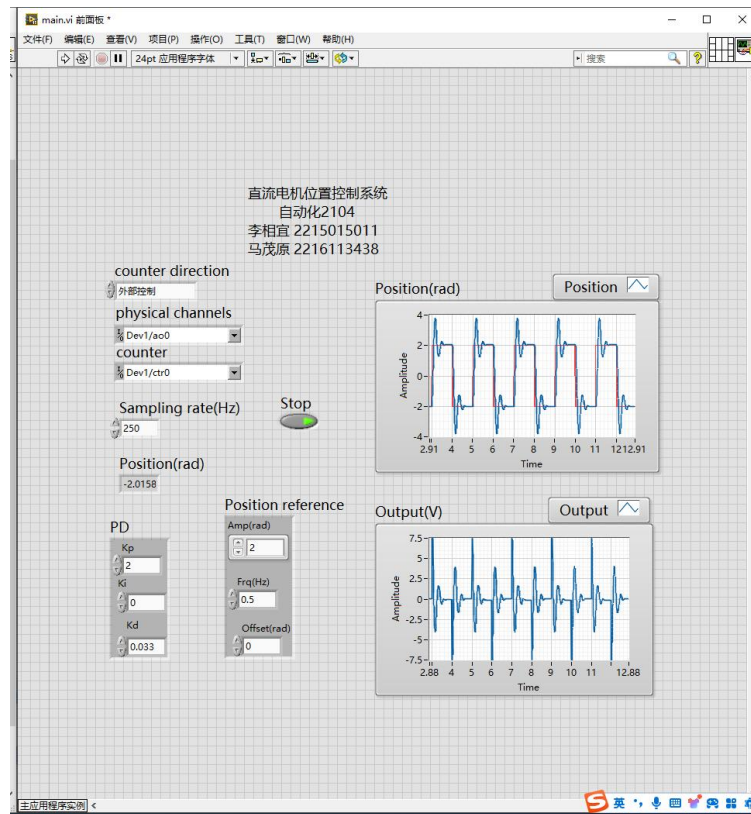


图 7 $K_p: 2.1, K_d: 0.033$

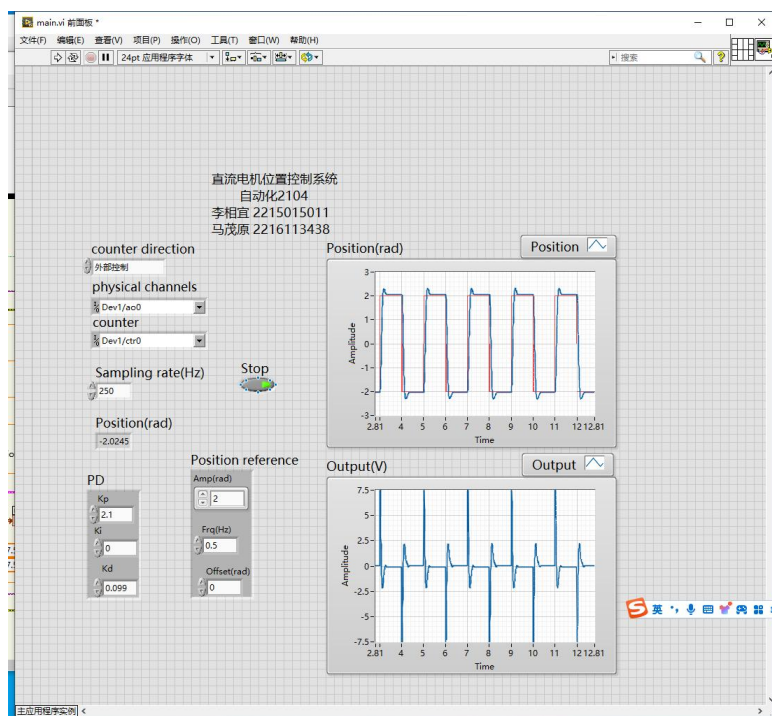


图 8 $K_p: 2.1, K_d: 0.099$

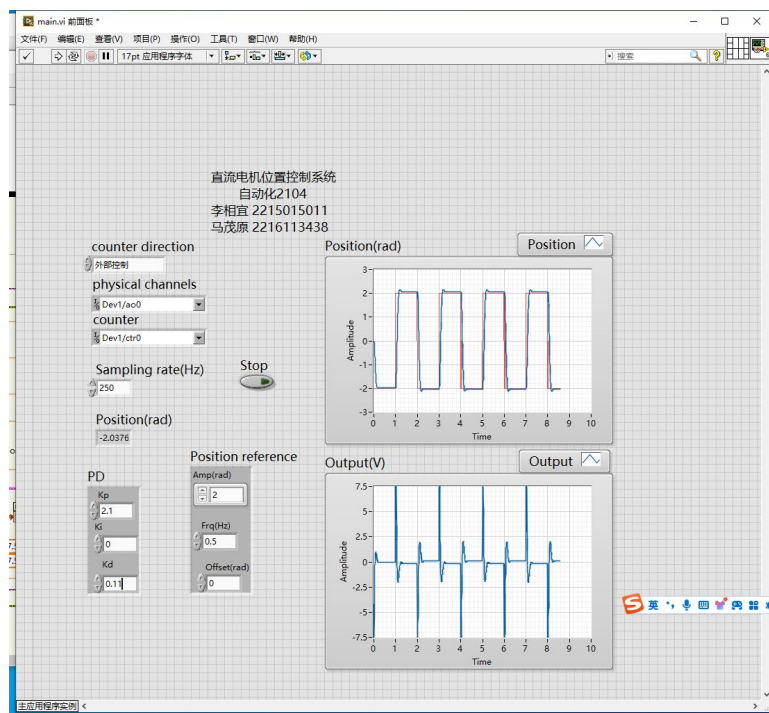


图9 $K_p: 2.1, K_d: 0.11$

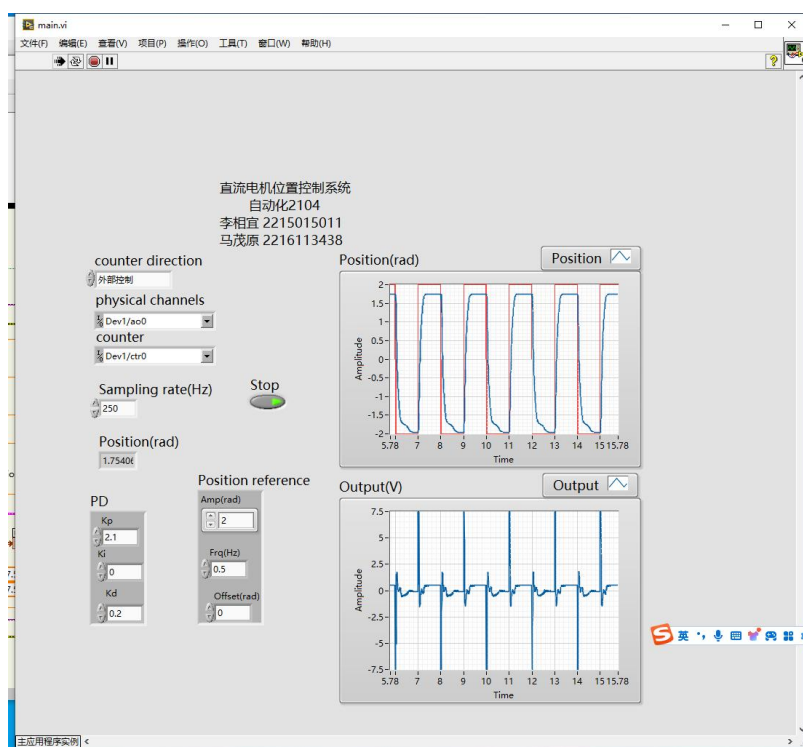


图10 $K_p: 2.1, K_d: 0.2$

3. 两个较好的 PD 控制效果

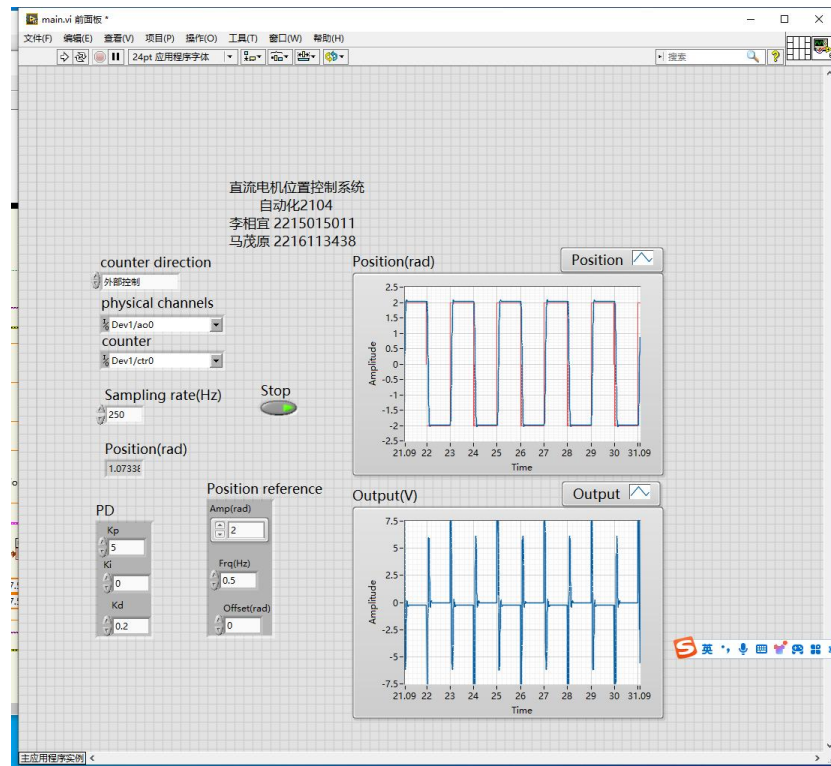


图 11 $K_p: 5, K_d: 0.2$

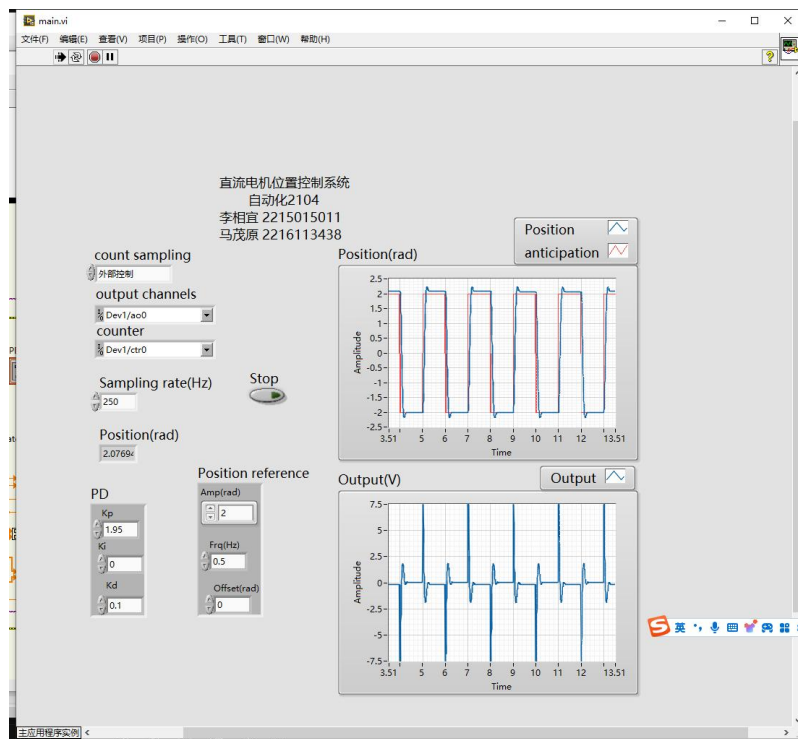


图 12 $K_p: 1.95, K_d: 0.1$

六、对于不同的比例系数和不同的微分系数，进行对比分析，得出结论。

在相同的微分参数 ($K_d=0.033$) 的情况下，不同的比例参数的结果如图 2-图 6 所示。从控制效果上分析， K_p 从 2.1 下降至 0.43 的过程中，超调量不断减小，但是响应时间变大，综合来看，控制效果越来越好。当 K_p 从 0.43 再下降至 0.3 时，稳态误差增大，控制效果变差。

在相同的比例参数 ($K_p=2.1$) 的情况下，不同的微分参数的结果如图 7-图 10 所示。从控制效果上分析， K_d 从 0.033 上升至 0.11 的过程中，超调量不断减小，控制效果越来越好。当 K_d 从 0.11 再上升至 0.2 时，稳态误差增大，控制效果变差。

综上所述，PD 控制器的调节规律如下：

增加 K_p ，可以提高系统响应的快速性，但也会增加震荡和超调。过高的 K_p 可能导致系统失稳。

减小 K_p ，可以减小震荡和超调，但也会降低响应速度。过小的 K_p 会使系统响应变得迟钝。

增加 K_d ，可以有效抑制系统震荡和超调，提高动态响应性能。但是 K_d 过高可能会引入噪声，使系统变得不稳定。

减小 K_d ，会降低抑制震荡的能力，系统响应性能可能变差。

七、说明调试中的出现的问题与解决方法

PD 控制器参数调优问题: PD 控制器的比例增益 K_p 和微分增益 K_d 设置不当,导致电机控制效果差。

解决方法: 对 K_p 和 K_d 进行系统调优,通过手动调整,以获得最佳的控制性能。

八、实验总结

本实验理解直流电机转角测量与控制的基础原理,并运用 Quanser QNET 直流电机实验板动能模块进行实际操作。实验过程中,我们掌握了 LabVIEW 图形化编程技术,利用 LabVIEW 2015 开发环境实现了对 Quanser 直流电机的位置控制算法设计和实现。

通过对 PID 参数特别是 PD 控制器的研究,我们了解到比例 (P) 和微分 (D) 两种控制作用对于系统性能的重要影响。我们在实验中针对不同比例增益 (K_p) 和微分增益 (K_d) 进行了细致的探究,记录并对比了多种参数组合下的控制曲线变化。

在实验过程中,我们还遇到了 PD 控制器参数设定不合理导致电机控制效果不佳的问题,通过系统性的参数调优,手动调整 K_p 和 K_d 至适宜范围,最终获得了理想的控制性能。这一实践不仅加深了我们对 PD 控制器工作原理的理解,也锻炼了我们解决实际工程问题的能力。

总之,本次实验有效提升了我们对直流电机位置控制原理的认识,锻炼了 LabVIEW 编程技能,验证了 PD 控制器在电机控制方面的优势

及调节规则，并进一步明确了如何根据具体系统需求优化 PD 控制器参数以达到最佳控制效果。