

# 《倒立摆控制》综合性实验大纲

实验名称： 基于虚拟仪器的倒立摆综合控制系统设计  
实验所属课程： 运动控制 / Motion Control  
自动控制原理 / Automatic Control Theory  
实验类型： 综合性实验  
实验类别： 专业实验  
实验学时： 8  
适用专业： 自动化

## 所涉及的课程及知识点：

涉及虚拟仪器技术原理与应用、检测技术、传感器技术、自动控制技术、电机调速原理等多门课程的相关知识。涉及的知识点：虚拟信号发生器应用、虚拟示波器应用、LabVIEW 控制界面设计、光电编码器测速原理、电机电枢电流测量、直流电机速度控制、动态系统建模与分析、闭环控制系统的阶跃响应、闭环控制系统的 PID 控制规律，等。

## 一、 实验目的

1. 熟悉动态系统的建模、分析与控制方法；
2. 学习和掌握旋转倒立摆系统的基本概念和系统参数的实验测定方法；
3. 学习和掌握直流电机驱动及角速度、角位移的测量方法；
4. 学习和掌握自动控制动态系统建模与软件仿真的方法；
5. 学习和掌握旋转倒立摆自平衡控制系统的工作原理与设计方法。

## 二、 实验内容

1. 熟悉 ELVIS-II+硬件平台与 LabVIEW ELVISmx 虚拟仪器软件平台的组成与工作原理，掌握实验平台的基本操作方法；
2. 基于 ELVISmx 集成的虚拟仪器功能，实现数字量及模拟量输入输出信号的采集、显示及控制，实现信号发生器虚拟仪器的参数配置、模拟量信号的采集及虚拟仪器示波器的显示控制；
3. 通过阶跃输入测定旋转倒立摆摆杆的角速度响应曲线，以此估算摆杆的转动惯量，并通过模型仿真来验证系统参数；
4. 在 LabVIEW 下编程实现对旋转倒立摆系统的建模及仿真，通过控制界面可修改系统主要机械参数及控制器的控制参数；
5. 在 LabVIEW 下编程实现对倒立摆系统的自平衡控制，通过控制界面可调节控制器的控制参数，通过虚拟示波器实时显示系统状态参数。

## 三、 实验基本要求

1. 该综合性实验基于 ELVIS-II+硬件和 LabVIEW 软件平台，学生在进行实验课程之前需对虚拟仪器概念以及 LabVIEW 基本编程方法有初步了解；
2. 实验基于 ELVIS-II+以及 QNET-ROTPENT 平台，不允许自行拆分或组合实验装置，开始实验前需检查确保各部分电源接线正确，应自觉爱惜实验设备；
3. 实验对象为永磁直流电机，学生需了解直流电机的基本工作特性，并学习过典型闭环控制系统的结构原理和动态校正方法；

4. 实验共 8 个学时，其中指导教师讲解 1 个学时，软硬件实验平台调试适用 1 个学时，系统建模与软件仿真实验 2 个学时，倒立摆自平衡控制实验 4 个学时；
5. 实验装置共 8 套，实验按小组分组进行，每组人数 2~3 人；
6. 实验过程中要有严谨的科学态度，认真操作实验步骤，仔细观察和记录实验结果，认真分析实验中出现的問題，并积极思考解决问题的方法；
7. 每次实验完毕后，要将实验结果交给指导教师检查，整理好实验台后方可离开；
8. 实验不得迟到和早退，不允许无故旷课。

#### 四、实验仪器设备和材料清单

1. NI ELVIS-II+, 数量: 1
2. QUANSER QNET\_ROTPEM, 数量: 1
3. 24VDC 电源适配器, 数量: 2
4. HP 6380MT 台式计算机 (安装 LabVIEW 2012、ELVISmx 软件), 数量: 1 台

#### 五、实验过程安排

1. 了解 ELVIS-II+ 及 QNET-ROTPEM 组合实验装置的组成、工作原理及基本操作要领，了解 ELVISmx 虚拟仪器的基本功能以及 LabVIEW 基本编程方法；
2. 通过手动和程序控制两种方式操作旋转倒立摆实验对象，观察倒立摆摆杆的输出响应及速度、电枢电流、电枢电压的反馈信号；
3. 通过阶跃响应测算摆杆的转动惯量；
4. 通过 LabVIEW 建立旋转倒立摆系统模型并进行仿真，设计控制器对仿真模型进行控制，分析不同结构参数及控制参数下系统响应特性的变化；
5. 通过 LabVIEW 编程实现上一步中经过仿真分析的控制算法，实际对倒立摆进行自平衡控制，对比分析不同参数下软件仿真与实物装置实验的结果，分析仿真模型中系统参数不准确对控制器设计的影响。

#### 六、实验报告要求

1. 每个实验每个小组共同提交一份实验报告，应保证每位组员都有必要的贡献，小组长负责组内成员的分工和协作安排；
2. 实验报告要求提交电子文档，应包含实验目的、实验内容、实验结果及分析、所遇问题及解决方法、实验心得等部分；
3. 每次实验相关的 LabVIEW 程序源代码需与实验报告一并提交；
4. 实验完成后按指导教师要求及时完成实验报告，并在指定时间内以电子邮件或 ftp 上传方式提交给指导教师。

#### 七、实验考核方式与评定

本实验考核分实操、报告、考勤和小组长评估四个部分，其中实操 20 分，报告 60 分，考勤 10 分，小组长评估 10 分。实操和报告按小组打分，而考勤针对个人，小组长评估则由实验小组的小组长对组内每位成员分别进行打分。对于同一小组内的成员，实操和报告两部分的分数相同，而考勤和组长评估两部分的分数会存在差别。

1. 实操：在实验过程中以组为单位检查，按照实验内容及步骤的要求，阶段

性检查实验进展及数据结果，结合提问方式进行考核；

2. 报告：主要从实验报告的格式是否规范、内容是否完整、结果是否正确、分析是否合理以及解决方法是否有效等方面进行考核，偏重考核学生对实验结果的分析能力；
3. 考勤：对于迟到、早退、不认真进行实验等情况进行考核；
4. 小组长评估：由小组长考核组内每位同学在实验过程中的表现，个人最高分不允许超过 10 分，最低分为 0 分，组内平均分不允许超过 8.5 分。

## 八、参考文献

1. 《基于虚拟仪器的倒立摆综合控制系统设计》实验指导书（自编）
2. 《QNET ROTPENT Laboratory - Student Manual》. Quanser. 2009
3. 徐薇莉等. 自动控制理论与设计（新世纪版）. 上海交通大学出版社. 2005
4. 黄松岭等. 虚拟仪器设计基础教程. 清华大学出版社. 2008
5. 刘晋霞等. LabVIEW2012 中文版虚拟仪器从入门到精通. 机械工业出版社. 2013

附图：倒立摆实验装置实物图

