**《伺服系统》课程教学大纲**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程名称** | **中文** | | 伺服系统 | | | |
| **英文** | | Servo control system | | | |
| **课程代码** | A313158 | | **开课学院/系** | 电气信息工程学院/电气工程系 | **制定/修订**  **时间** | 2023.09 |
| **课程类别** | 选修/专业课程/4年级（上） | | **学分** | 2.0 | **学时** | 32 |
| **适用专业** | 电气工程及其自动化 | | | | | |
| **先修课程** | 电路原理、自动控制原理、电力电子技术、电机学 | | | | | |
| **选用教材** | 钱平. 伺服系统（第3版）[M]. 北京：机械工业出版社，2021 | | | | | |
| **课时分配** | 理论教学28学时，实验教学4学时 | | | | | |
| **撰写人** | 王琪 | **审定人** | | 陈立兴 | **批准人** | 薛波 |

**一、课程简介**

《伺服系统》课程是电气工程及其自动化专业的选修课，也是一门理论与应用相结合且实践性较强的课程。本课程以伺服系统为对象，在阐述伺服系统原理、电力电子器件和检测元件等基础上，从伺服系统发展的角度出发，系统地介绍了步进式伺服系统、直流伺服系统和交流伺服系统的原理及应用。

本课程内容分为七部分：伺服控制系统的基础知识；步进电动机的控制；直流电动机调速系统；无刷直流电动机控制系统；异步电动机调速系统及主轴驱动；三相永磁同步伺服电动机的控制；进给伺服系统和基于DSP的伺服控制系统。通过该课程的学习，能够让学生掌握基础伺服系统的结构、工作原理、组成、控制系统设计等内容，为今后从事伺服系统设计以及研究工作打下基础。

**二、课程目标**

课程目标1：熟练掌握伺服电路的基本概念、基本原理、基本分析方法，并掌握常规步进电机、直流调速系统和交流调速系统的分析和设计方法，能够进行设计方案的比较和可行性论证。

课程目标2：理解并掌握交直流调速系统的分析设计方法，掌握三相永磁同步伺服调速系统的数学模型，能够根据数学模型对伺服系统进行相应的优化设计及算法开发。

**三、课程目标与毕业要求的支撑关系**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **毕业要求** | **毕业要求指标点** | **课程目标** |
| 毕业要求1：工程知识 | 1.3 能针对电气工程及其自动化领域中电路、电磁场、电机与驱动等专业工程问题进行建模与求解； | 1 |
| 毕业要求2：问题分析 | 2.2 能够应用电路原理和分析方法，识别和分析典型电气电路、电气系统的关键环节和参数； | 2 |

**四、课程教学内容**

（一）理论教学部分

内容1：概述

1．基本内容：了解伺服系统的作用及组成，掌握伺服系统的基本要求和特点。

2．重点：伺服系统的分类。

3．难点：伺服系统的应用。

4．知识目标：了解伺服系统的作用及组成。

5．能力目标：掌握伺服系统的基本要求和特点。

6．素质目标：伺服系统在工业控制中使用较为广泛，通过讲授这部分内容培养学生重视科学研究，勇于挑战难题，继承和发扬不畏艰辛的传统美德。

内容2：伺服控制基础知识

1．基本内容：了解元器件的基本原理。

2．重点：基本的电力电子电路的应用和设计。

3．难点：检测电路的应用和设计。

4．知识目标：了解基本的电力电子电路和检测电路。

5．能力目标：掌握电力电子电路和检测电路的分析方法。

6．素质目标：电力电子电路和检测电路是伺服系统中重要组成部分，通过讲授这部分内容，培养学生重视基础研究内容，由点及面，从细节出发，完善整个控制系统。

内容3：步进电机的控制

1．基本内容：理解步进电动机的工作原理。

2．重点：简单步进电动机控制系统的分析。

3．难点：简单步进电动机控制系统的设计。

4．知识目标：了解步进电动机控制原理。

5．能力目标：掌握步进电动机的开闭环控制，掌握步进电动机的最佳点位控制、步进电动机控制。

6．素质目标：步进电机在日常生活使用中十分广泛，通过讲授这部分内容，培养学生在解决复杂工程问题时抓住主要矛盾的能力，并培养学生积极面对各种困难，具有刻苦钻研的传统优良品质。

内容4：直流电动机调速系统

1．基本内容：理解直流电动机调速系统工作原理。

2．重点：掌握直流电动机脉宽调速控制系统工程设计方法。

3．难点：掌握直流电动机单闭环调速系统、双闭环直流电动机调速系统工程设计方法。

4．知识目标：了解直流电动机控制原理。

5．能力目标：掌握直流电动机单闭环调速系统、双闭环直流电动机调速系统、直流脉宽调速控制系统分析方法；转速、电流双闭环调速系统的工程设计法。

6．素质目标：直流电动机在日常生活使用中十分广泛，通过讲授这部分内容，培养学生在解决复杂工程问题时抓住主要矛盾的能力，并培养学生积极面对各种困难，具有刻苦钻研的传统优良品质。

内容5：无刷直流电机控制系统

1．基本内容：理解无刷直流电机的组成结构和工作原理。

2．重点：掌握无刷直流电机驱动控制方法、无刷直流电机驱动控制专用芯片的应用。

3．难点：掌握无刷直流电机无位置传感器的驱动控制方法。

4．知识目标：掌握无刷直流电机的基本公式和数学模型。

5．能力目标：掌握无刷直流电机矢量控制和无位置传感器驱动控制。

6．素质目标：无刷直流电机在当下的日常生活使用愈发广泛，通过讲授这部分内容，让学生意识到在现实生活中无刷直流电机的应用无处不在，知识就在身边，随处可学习。

内容6：异步电动机调速系统及主轴驱动

1．基本内容：理解异步电动机变频调速系统的基本原理。

2．重点：掌握交流主轴控制单元控制。

3．难点：掌握交流主轴定向控制。

4．知识目标：掌握异步电动机基本原理和数学模型。

5．能力目标：掌握异步电动机变频调速系统的简单设计和分析。

6．素质目标：异步电动机定向控制是电机控制的核心，通过教授该内容可培养学生运用基本理论知识解决电机控制技术领域复杂工程问题的能力。同时拓宽学生的眼界，发散思维，勇于创新和实践，并能具备新时代的大国工匠精神。

内容7：三相永磁同步伺服电动机的控制

1．基本内容：理解三相永磁同步伺服电动机调速的基本原理。

2．重点：三相永磁同步伺服电动机的控制方法分析。

3．难点：三相永磁同步伺服电动机的控制方法设计。

4．知识目标：掌握三相永磁同步伺服电动机运行原理和数学模型。

5．能力目标：掌握速度反馈信号的检测和处理、伺服电动机初始位置的检测。

6．素质目标：三相永磁同步伺服电动机中速度反馈信号的检测和处理、伺服电动机初始位置的检测是伺服系统准确运行的关键，通过教授该内容可培养学生运用基本理论知识解决电机控制技术领域复杂工程问题的能力。同时拓宽学生的眼界，发散思维，勇于创新和实践，并能具备新时代的大国工匠精神。

内容8：进给伺服系统和基于DSP的伺服控制系统

1．基本内容：了解进给伺服系统概述和DSP伺服控制系统的内容。

2．重点：掌握脉冲比较的进给位置伺服系统、相位比较的进给伺服系统、幅值比较的进给伺服系统、数据采样式进给伺服系统。

3．难点：了解基于DSP伺服控制系统的硬件和软件设计。

4．知识目标：掌握基于DSP的进给伺服系统的分析过程。

5．能力目标：掌握基于DSP伺服控制系统的硬件和软件设计。

6．素质目标：伺服系统的使用给工业控制提供了可靠的保障，通过教授该内容可培养学生在解决复杂工程问题时抓住主要矛盾的能力，并培养学生积极面对各种困难，具有刻苦钻研的传统优良品质。

（二）实验教学部分

实验1：直流电机调速实验

1．实验内容：直流电机调压调速系统的性能研究。

2．实验目标：掌握实验控制台的使用方法；学习并掌握直流电动机调压调速系统的工作特性及参数性能测试方法。

实验2：交流电机调速实验

1．实验内容：异步电机变频调速系统的性能研究。

2．实验目标：掌握实验控制台的使用方法；学习并掌握异步电机变频调速系统的工作特性及参数性能测试方法。

**五、教学内容、教学方式与课程目标的支撑关系**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程目标** | **教学内容** | **教学方式** | | |
| **线下教学** | **混合教学** | **线上教学** |
| 课程目标1 | 内容1：概述  内容2：伺服控制基础知识  内容3：步进电机的控制  内容4：直流电动机调速系统  实验1：直流电机调速实验 | √ |  |  |
| 课程目标2 | 内容5：无刷直流电机控制系统  内容6：异步电动机调速系统及主轴驱动  内容7：三相永磁同步伺服电动机的控制  内容8：进给伺服系统和基于DSP的伺服控制系统  实验2：交流电机调速实验 | √ |  |  |

**六、课程教学方法与学时分配**

（一）教学方法

1．问题切入法

以问题为导引，将知识点细化为一些问题，让学生先对这些问题有一个正面的认识和了解，教师进而对学生进行正确的引导和教授，旨在培养学生积极面对问题，勇于挑战难题，具备解决复杂工程实际问题的能力。

2．案例分析法

在理论教学和实践教学之间引入案例分析，如电路的仿真研究，起到一种桥梁和缓冲作用，既能充分理解所学理论知识，又能为后续实践教学做好铺垫，旨在培养学生勤动手、重实践，具备新时代的大国工匠精神。

3．因材施教法

工科学生大都对科学知识和技术发明感兴趣，在教学过程中多列举一些科学家和技术工程师的人生事迹，从而提高学生的学习兴趣和关注度，旨在培养学生具备科学探索者的信念、勇气、意志、工作态度和理性思维。

1. 学时分配

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **教学内容** | **课堂讲授** | **实验** | **合计** |
| 内容1：概述 | 2 |  | 2 |
| 内容2：伺服控制基础知识 | 2 |  | 2 |
| 内容3：步进电机的控制 | 4 |  | 4 |
| 内容4：直流电动机调速系统 | 4 |  | 4 |
| 内容5：无刷直流电机控制系统 | 4 |  | 4 |
| 内容6：异步电动机调速系统及主轴驱动 | 4 |  | 4 |
| 内容7：三相永磁同步伺服电动机的控制 | 4 |  | 4 |
| 内容8：进给伺服系统和基于DSP的伺服控制系统 | 4 |  | 4 |
| 实验1：直流电机调速实验 |  | 2 | 2 |
| 实验2：交流电机调速实验 |  | 2 | 2 |
| 合计 | 28 | 4 | 32 |

**七、课程考核及成绩评定方法**

本门课程采用“N+1”过程性考核的方式进行考核。

考核方式：采用调查（分析）报告、课后作业、课内实验和期末考试相结合的形式对学生课程成绩进行综合评定。课程目标达成评价考核总成绩中，调查分析报告成绩占20%、课后作业成绩占20%、课内实验成绩占10%、期末考试成绩占50%。

课程目标与课程考核环节的对应关系：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **考核环节** | | | | **合计** |
| **调查(分析)**  **报告** | **课后作业** | **课内实验** | **期末考试** |
| 1 | 课程目标1 | 10% | 10% | 5% | 25% | 50% |
| 2 | 课程目标2 | 10% | 10% | 5% | 25% | 50% |
| 合计 | | 20% | 20% | 10% | 50% | 100% |

各考核环节按照附件中的评分标准进行成绩评定。

**八、课程参考书目及资源**

1.李鑫.《伺服系统与工业机器人》．北京:机械工业出版社,2024.

2.刘向东，胡祐德，陈振等.《伺服系统原理与设计》．北京:机械工业出版社,2022.

3.孙立书.《伺服系统与变频器应用技术教程》．北京:机械工业出版社,2022.

**附件：评分标准**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 考核环节 | **优**  **（90～100）** | **良**  **（80～89）** | **中等**  **（70～79）** | **及格**  **（60～69）** | **不及格（<60）** |
| **调查（分析）报告** | （1）调查内容为当前伺服系统领域的前沿关键技术，且紧扣书本知识点；（2）报告内容系统性较好，包括拓扑结构、工作原理和波形分析等；（3）书写认真，画图规范；（4）有一定的个人见解。 | （1）调查内容紧扣书本知识点；（2）报告内容系统，包括拓扑结构、工作原理和波形分析等；（3）书写认真，画图规范；（4）无个人见解。 | （1）调查内容不是当前伺服系统领域的前沿关键技术，但与书本知识点有一定的相关性；（2）报告内容不成系统，但详实；（3）书写认真，画图规范；（4）无个人见解。 | （1）调查内容与书本知识点的相关性一般；（2）报告内容系统性较差；（3）书写和画图规范性有待提高；（4）无个人见解。 | （1）调查内容与书本知识点关联性不大；（2）报告内容摘抄自相关文献；（3）书写潦草，画图不规范；（4）无个人见解。 |
| **课后作业** | （1）能够熟练运用基本概念、控制方法、电路模型分析电路问题并进行参数计算；（2）作业严格按要求并及时完成；（3）书写清晰、逻辑性强、画图规范；（4）正确率90%以上。 | （1）能够运用基本概念、控制方法、电路模型分析电路问题并进行参数计算；（2）能按要求及时完成作业；（3）书写清晰、画图规范；（4）正确率80%以上。 | （1）能够运用基本概念、控制方法、电路模型分析电路问题并进行参数计算；（2）能按要求及时完成作业；（3）书写和画图的规范性一般；（4）正确率70%以上。 | （1）基本能够运用基本概念、控制方法、电路模型分析电路问题并进行参数计算；（2）基本能按要求完成作业；（2）书写和画图的质量较差；（3）正确率60%以上。 | （1）不能按要求完成作业。 |
| **课内实验** | （1）正确掌握电路的工作原理和性能分析方法；（2）能按照实验要求准确搭建实验电路，并进行检测和调试，安全、规范地开展实验；（3）对获取的实验数据能进行准确的分析和解释，并能清楚地确定影响结果的因素和需要改进完善的措施；（4）实验报告书写认真，画图规范。 | （1）正确掌握电路的工作原理和性能分析方法；（2）能按照实验要求搭建合理的实验电路，并进行检测和调试，安全、规范地开展实验；（3）对获取的实验数据能进行合理的分析和解释，并能确定影响结果的因素和需要改进完善的措施；（4）实验报告书写较认真，画图较规范。 | （1）能够掌握电路的工作原理和性能分析方法；（2）能按照实验要求搭建实验电路，并进行检测和调试，安全地开展实验；（3）对获取的实验数据能进行基本合理的分析和解释，并能确定影响结果的因素和需要改进完善的措施；（4）实验报告书写和画图质量一般。 | （1）基本掌握电路的工作原理和性能分析方法；（2）能搭建基本的实验电路，并进行检测和调试；（3）对获取的实验数据能进行一定的分析和解释，基本能确定影响结果的因素和需要改进完善的措施；（4）实验报告书写和画图质量有待提高。 | （1）搭建的电路不合理，检测和调试不够规范；（2）对获取的实验数据不能做出合理的分析和解释，更不能确定影响结果的因素和需要改进完善的措施；（3）实验报告书写不认真，画图不规范。 |
| **期末考试** | 采用试卷考试的方式，考查内容按照“七、课程考核及成绩评定方法”中的要求，采用填空题、计算题等题型，依据该考核环节中每个题型与课程目标之间的对应关系，按照期末考试参考答案与评分标准评分。 | | | | |