**《现代控制理论》课程教学大纲**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程名称** | **中文** | 现代控制理论 | | | |
| **英文** | Modern Control Theory | | | |
| **课程代码** | A313082 | **开课学院/系** | 电气信息工程学院/自动化系 | **制定/修订**  **时间** | 2023.09 |
| **课程类别** | 必修/专业基础课 | **学分** | 3.0 | **学时** | 48 |
| **适用专业** | 自动化 | | | | |
| **先修课程** | 高等数学、复变函数与积分变换、自动控制原理、控制系统设计与仿真 | | | | |
| **选用教材** | 王万良. 现代控制工程. 北京：高等教育出版社，2011. | | | | |
| **课时分配** | 理论教学40学时，实验教学8学时 | | | | |
| **撰写人** | **贺乃宝** | **审定人** | 李博 | **批准人** | 薛波 |

**一、课程简介**

《现代控制理论》课程是自动化专业的专业必修课，课程针对现代控制科学的内涵，全面系统和深入浅出地介绍了现代控制系统模型、内部结构特性、反馈调节和最优控制等方面内容。通过本课程的学习，使学生能够全面掌握线性系统理论和最优控制理论的基本原理和基本设计方法，对现代控制方法与发展方向有较为全面的了解。更重要的是能够学习用数学语言描述动态系统的方法，学习用数学工具分析改善动态系统性能的方法，从而培养用数学语言解决工程问题的能力，为学生今后从事相关控制领域的理论研究和工程设计工作打下一个坚实的基础。

**二、课程目标**

课程目标1：能够运用线性代数等数学工具正确描述状态空间模型等控制系统模型，利用大学物理、电路等知识解释控制系统问题的实际物理意义。

课程目标2：能够运用控制系统模型的分析方法，判断与分析计算系统的能观性、能控性与稳定性等关键性能与参数，具有对复杂工程问题分析的能力。

课程目标3：能够根据实际工程情况，分析比较不同控制设计方案的非技术因素，并理解设计方案对社会、健康、安全、法律、文化等所产生的影响。

课程目标4：了解我国控制理论发展史，增强民族自信心与民族自豪感，以及奋发图强、自强自立的社会责任感和新发展理念。培养学生具有工程思维、辩证思维等科学思维能力，以及恪守自动化行业职业道德规范，遵守职业行为准则等职业素养。

**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 | 1.2 能将数学、物理和工程基础知识用于表述自动化专业工程问题。 | 1 |
| 毕业要求2：问题分析 | 2.3 能够应用自动控制、计算机控制与工业控制网络原理和分析方法，识别和分析典型自动化系统的关键环节和参数。 | 2 |
| 毕业要求6：工程与社会 | 6.2 能够合理分析和评价自动化工程实践和复杂工程问题解决方案对社会、健康、安全、法律以及文化等方面的潜在影响，并理解应承担的责任。 | 3 |

**四、课程教学内容**

（一）理论教学部分

内容1：状态空间数学模型

1．基本内容：状态与状态空间的概念、系统的状态空间模型、线性系统的状态空间模型与线性变换、控制系统的实现、多变量系统的传递矩阵、控制系统的离散状态空间模型。介绍工程实例，给现代控制理论赋予较强的物理概念及工程背景，克服学习时不易建立工程概念的难点。

2．重点：根据状态空间模型求微分方程的方法、线性系统的状态空间模型与线性变换及控制系统的实现、从状态空间模型求传递矩阵的方法。

3．难点：线性系统的状态空间模型与线性变换及控制系统的实现。

4．知识目标：了解建立状态空间模型的方法，掌握由状态空间模型求微分方程的方法，掌握线性系统的状态空间模型与线性变换及控制系统的实现。了解多变量系统传递矩阵的概念，掌握从状态空间模型求传递矩阵的方法。

5．能力目标：能够灵活运用已学物理、电路等知识进行控制系统建模以及分析。状态变量具有多样性，同一系统可以进行多种不同状态变量的选取，使学生能够从不同角度思考问题建立不同的状态空间方程，培养创新意识。

6．素质目标：通过控制理论在我国的发展，如古代的“指南车”等， 如现代我国著名科学家钱学森先生等人物和事迹，激发学生的专业认同和爱国热情。

内容2：控制系统稳定性分析

1．基本内容：控制系统稳定性定义、线性系统稳定的条件、李雅普诺夫稳定判据、线性系统的李雅普诺夫稳定判据、非线性系统的克拉索夫斯基稳定判据、非线性系统的小偏差线性化方法。引入倒立摆等工程实例，阐述稳定性在工程应用中的实际意义。

2．重点：线性系统的稳定性的概念，李雅普诺夫稳定性的物理意义与判据应用。

3．难点：李雅普诺夫稳定性的理解和能量函数的正确选取。

4．知识目标：了解控制系统稳定性的基本概念，掌握稳定条件。掌握李亚普诺夫稳定性判据，了解非线性系统的稳定性判据。

5．能力目标：能够运用李雅普诺夫稳定性判据对系统的稳定性做出正确判断，以及分析系统不稳定的原因。

6．素质目标：控制系统稳定性是系统能够正常运行的前提条件。启发学生深刻认识到社会运行稳定的重要性，不断提高自身的政治觉悟，“稳定压倒一切”。身体力行，从我做起，为我国社会的稳定做出自己的贡献。

内容3：线性系统动态性能分析

1．基本内容：线性连续定常系统状态方程的求解、线性连续时变系统状态方程的求解、线性离散系统状态方程的求解。

2．重点：线性连续定常系统状态方程的求解方法；状态转移矩阵的计算方法。

3．难点：线性连续定常系统状态方程的求解方法；状态转移矩阵的计算方法。

4．知识目标：掌握线性连续定常系统状态方程的求解方法，了解线性连续时变系统线性离散系统状态方程的求解方法，掌握状态转移矩阵的计算方法。

5．能力目标：能够运用恰当的数学工具与计算方法对不同的系统进行动态性能分析。通过对实际工程案例的分析和实验仿真，培养学生分析复杂工程问题中系统模型的能力。

6．素质目标：由系统的状态变化，使学生明白事物发展的演化规律，要用发展的眼光看问题，做事情不能够“刻舟求剑”，掌握科学的思维方式。

内容4：线性系统的能控性和能观性分析

1．基本内容：能控性和能观性问题、线性定常系统的能控性、线性定常系统的能观性、状态空间模型的对角线标准型、状态空间模型的能控标准型与能观标准型、传递函数的几种标准型实现、对偶原理。讲解非技术因素在应用中是如何影响到系统的能观性和能控性上的。

2．重点：控制系统的能控性与能观性判据、对偶原理。

3．难点：控制系统的能控性与能观性判据的正确理解与运用。

4．知识目标：掌握控制系统能控性概念及其判据，掌握控制系统能观测概念性及其判据，基于对角型或约当型的能控性，能观测性判据。了解传递函数矩阵的几种标准型实现对偶原理。

5．能力目标：能够深刻理解并解释能观性和能控性的物理含义，尤其是在实际问题中，能够运用数学判据分析系统的能观性和能控性特性。

6．素质目标：由系统的能控性启发学生对自己人生的掌控和把握，[正确给自己定位,正确的树立人生目标,](https://comment.tie.163.com/H964IJ6B0552U237.html)在学业中遇到小小的挫折不要放弃努力，培养自己的自制力，用不服输的精神，战胜挫折。

内容5：状态反馈控制与状态观测器设计

1．基本内容：状态反馈与输出反馈、状态反馈设计方法、状态观测器设计方法。在复杂工程问题中设计合理的控制策略。

2．重点：状态反馈与状态观测器的设计方法。

3．难点：正确设计出符合要求的状态反馈与状态观测器。

4．知识目标：了解状态反馈和输出反馈的概念、掌握状态反馈及状态观测器的设计方法。

5．能力目标：能够深刻理解观测器与控制器在系统中的作用，能够从实际工程出发，运用数学工具与控制理论设计出合适的观测器与控制器。通过讲解降维观测器的分析及设计，使学生认识降低维数的意义，并掌握观测器设计的方法，同时倡导节能减排的集约型社会理念，使学生理解科学发展的内涵及其对中国经济、环境、社会可持续发展的重要意义，具备环保意识和可持续发展意识。

6. 素质目标：全面培养学生严谨的科学态度，使学生明确学习目标，掌握良好的学习方法，从被动接受到主动学习，在完成课程学习的同时，不断提高自身的科学素养和专业能力。

内容6：最优控制

1．基本内容：最优控制的概念、变分法与泛函的极值条件、变分法求解无约束最优控制问题、极小值原理、线性二次型最优控制。

2．重点：最优控制的概念、极小值原理。

3．难点：极小值原理。

4．知识目标：了解最优控制的概念，了解极小值原理及线性二次型最优控制的基本概念。

5．能力目标：能够正确描述最优控制的原理，理解最优控制器的作用和影响。能够根据实际工程情况，分析比较不同控制设计方案的非技术因素，如环保低能耗等。找出最优的设计方案，理解设计方案对社会、健康、安全、法律、文化等所产生的影响。

6．素质目标：使学生具备用数学思维描述和解决工程问题的工程意识和能力，同时将相关工程案例引入课程，使学生养成严格遵守各种标准规范的习惯，并在产品的构思、设计、实现、运行等过程中自觉遵守诚实守信的职业道德和规范。

（二）实验教学部分

实验1：状态空间建模与传递矩阵

1．实验内容：利用MATLAB软件进行状态空间建模与计算传递函数矩阵。

2．实验目标：掌握MATLAB软件的使用方法；实现传递函数与状态空间方程的相互转换。

实验2：系统稳定性分析

1．实验内容：利用MATLAB软件分析系统稳定性。

2．实验目标：能够运用李雅普诺夫方程进行稳定性分析，利用零极点法判断系统稳定性。

实验3：系统能观性与能控性分析

1．实验内容：利用MATLAB软件进行能观性和能控性分析。

2．实验目标：掌握系统状态空间方程能控标准型和能观标准型的转换方法。

实验4：基于观测器的反馈控制系统设计

1．实验内容：利用MATLAB软件进行系统控制器与观测器设计。

2．实验目标：掌握利用极点配置法设计系统反馈控制器以及状态观测器的方法。

**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：状态空间数学模型  内容2：控制系统稳定性分析  内容4：线性系统的能控性和能观性分析  内容6：最优控制  实验1：状态空间建模与传递矩阵 | √ |  |  | |
| 课程目标2 | 内容2：控制系统稳定性分析  内容3：线性系统动态性能分析  内容4：线性系统的能控性和能观性分析  内容5：状态反馈控制与状态观测器设计  内容6：最优控制  实验2：系统稳定性分析、实验3：系统能观性与能控性分析、实验4：基于观测器的反馈控制系统设计 | √ |  |  | |
| 课程目标3 | 内容5：状态反馈控制与状态观测器设计  内容6：最优控制 | √ |  |  | |

**六、课程教学方法与学时分配**

（一）教学方法

1．兴趣培养：引导、激励学生的学习积极性和自主性，让学生对课程有一个总体把握，多举一些生活中常见的控制系统的实例，使课程更生动，让学生有直观的认识，对课程学习产生兴趣。

2．讨论式教学：通过对核心问题的讨论，加深学生对问题的理解，增强学生主动学习能力和对问题的判断能力。

3．发现问题式教学：每一次上课前推荐学生阅读下次课的参考资料，并在每次课上针对布置的内容由教师提问，学生作答；或者学生提问，教师回答。通过这种“双向”的方式，更好地了解学生的知识盲点，反过来更有针对性地组织教学活动。

4．有效的作业：作业是检验学生对所学知识掌握情况的有效的手段。为了达到能让学生不仅吸收所学知识，并且将知识融会贯通、学以致用，教师就要引导性的提问，布置作业时，要从基础知识出发，引发学生思考，扩展学生思维。让学生在自己完成作业的过程中，培养学生的思维能力和创新能力。

5．做好课程实验：利用学校资源，以知识作为基础，使学生通过实验亲自动手，掌握理论知识的基础；通过亲身实践，掌握课程基本知识内容。从而培养学生解决问题的思路和方法，提高学生的创造能力和适应变化的能力。

（二）学时分配

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **教学内容** | **课堂讲授** | **实验** | **合计** |
| 内容1: 状态空间数学模型 | 8 |  | 8 |
| 内容2：控制系统稳定性分析 | 6 |  | 6 |
| 内容3：线性系统动态性能分析 | 8 |  | 8 |
| 内容4：线性系统的能控性和能观性分析 | 8 |  | 8 |
| 内容5：状态反馈控制与状态观测器设计 | 8 |  | 8 |
| 内容6：最优控制 | 2 |  | 2 |
| 实验1：状态空间建模与传递矩阵 |  | 2 | 2 |
| 实验2：系统稳定性分析 |  | 2 | 2 |
| 实验3：系统能观性与能控性分析 |  | 2 | 2 |
| 实验4：基于观测器的反馈控制系统设计 |  | 2 | 2 |
| 合计 | 40 | 8 | 48 |

**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：采用期中考试、期末考试、阶段测验和实验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，期中考试成绩占20%、阶段测验成绩占20%、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** |
| **阶段测验** | **期中考试** | **课内实验** | **期末考试** |
| 1 | 课程目标1 | 8% | 8% | 2.5% | 15% | 33.5% |
| 2 | 课程目标2 | 10% | 12% | 7.5% | 30% | 59.5% |
| 3 | 课程目标3 | 2% |  |  | 5% | 7% |
| 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. 武俊峰. 现代控制理论基础. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1989.

2. 胡寿松. 自动控制原理简明教程(第二版). 北京: 科学出版社, 2007.

3. 郑大钟. 线性系统理论. 北京: 清华大学出版社, 2002.

4. 中国大学MOOC国家精品资源共享课, 现代控制理论基础, 西北工业大学, https://www.icourse163.org/course/KMUST-1206675864.

**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）** |
| **阶段测验** | 采用随堂测验的方式，考查内容按照“七、课程考核及成绩评定方法”中的要求，依据该考核环节与课程目标之间的对应关系，按照参考答案与评分标准评分。 | | | | |
| **期中考试** | 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，按照期中测验参考答案与评分标准评分。 | | | | |
| **实验** | 实验报告完整，能够实现不同数学模型的转换，识别分析并计算系统的稳定性，设计控制器与观测器的参数；实验结果正确、书写规范。 | 实验报告较完整，能够基本实现不同数学模型的转换，识别分析并计算系统的稳定性，设计控制器与观测器的参数；实验结果合理、书写较规范。 | 实验报告基本完整，基本能实现不同数学模型的转换，识别分析并计算系统的稳定性，设计控制器与观测器的参数；实验结果基本正确。 | 实验报告不够完整，能够部分实现不同数学模型的转换，识别分析并计算系统的稳定性，设计控制器与观测器的参数；实验结果部分正确。 | 实验报告部分缺失、只有部分实验结果或无实验结果、书写混乱。 |
| **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。 | | | | |