**《自动控制原理》课程教学大纲**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程名称** | **中文** | | 自动控制原理 | | | |
| **英文** | | Principles of Automatic Control | | | |
| **课程代码** | A313066 | | **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/工程基础** | | **学分** | 4.0 | **学时** | 64 |
| **适用专业** | 电气工程及其自动化专业 | | | | | |
| **先修课程** | 高等数学、复变函数与积分变换、电路原理、大学物理 | | | | | |
| **选用教材** | 胡寿松等.自动控制原理基础教程（第五版）.北京：科学出版社，2023. | | | | | |
| **课时分配** | 理论教学56学时，实验教学8学时 | | | | | |
| **撰写人** | 李博 | **审定人** | | 李峰 | **批准人** | 陶为戈 |

**一、课程简介**

《自动控制原理》是电气工程及其自动化专业的工程基础课。要求学生具有电路、高等数学、信号与系统和工程数学（积分变换、复变函数）的知识基础。

本课程主要向学生介绍自动控制的基本理论及其工程分析和设计方法，以系统的工程分析和设计为主。本课程内容分为三部分：控制系统模型（时域模型、复域模型和频域模型）的建立；控制系统分析方法（时域分析、复域分析和频域分析）；控制系统的综合（校正）。通过该课程的学习，能够让学生掌握系统信号的自动检测、控制器的设计以及闭环控制系统的分析方法，为今后从事自动控制系统设计以及研究工作打下基础。

**二、课程目标**

该课程的教学目标如下：

课程目标1：清晰地建立起线性反馈控制系统的基本原理和基本概念，培养学生运用电路和数学等知识的系统建模能力；熟练运用所学自动控制原理的知识，采用解析法或实验法，建立和简化控制系统的工程数学模型并加以推理分析。

课程目标2：学会利用经典控制理论的方法：时域法、频率特性法、根轨迹法等分析、设计自动控制系统的专业能力；引导学生考虑复杂工程实际问题，能够根据线性控制系统性能指标要求分析、设计或改进系统校正方案。

课程目标3：能够利用现代工具、运用时域分析方法和频域分析方法对自动控制系统的稳态性能及动态性能进行仿真和分析，计算自动控制系统的关键性能指标和参数。

课程目标4：了解我国自动化理论发展史，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，以及恪守电气工程行业职业道德规范，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 | 1.4 能针对电气工程及其自动化领域中电能产生、电能传输、电能的应用等专业工程问题进行推理和分析。 | 1 |
| 毕业要求2：问题分析 | 2.3 能够借助文献研究分析电气工程及其自动化复杂工程问题已有的多种解决方案，寻找替代解决方案，并分析其合理性，获得有效结论。 | 2 |
| 毕业要求5：使用现代工具 | 5.2 掌握电气工程及其自动化实践所需的设计、仿真等现代工程工具和信息技术工具的使用方法，对典型电气单元与系统进行仿真和设计，并能理解其局限性。 | 3 |

**四、课程教学内容**

（一）理论教学部分

内容1：控制系统导论

1．基本内容：自动控制的基本原理、自动控制系统示例、自动控制系统的分类、自动控制系统的基本要求、自动控制系统的分析与设计工具。其中，以经典的炉温、液位等控制系统为例，使学生能够理解课程性质和作用。

2．重点：反馈控制系统的基本组成、控制系统的基本要求、系统原理图的设计。

3．难点：反馈控制原理的正确理解。

4．知识目标：理解自动控制系统的一般性概念，掌握反馈控制系统的基本组成，了解系统分类，正确理解对控制系统的基本要求，掌握由系统工作原理图画出系统结构图的方法，了解自动控制理论的内容、发展及现状。

5．能力目标：能够运用反馈基本原理分析解释控制系统的工作过程；能够根据控制系统的特性对控制系统进行分类并且阐述其控制要求。

6．素质目标：通过自动控制在我国的发展，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：控制系统的数学模型

1．基本内容：傅里叶变换与拉普拉斯变换、控制系统的时域数学模型、控制系统的复数域数学模型、控制系统的结构图与信号流图、信号描述的各种方法、利用拉式变换对微分方程求解全响应。

2．重点：控制系统微分方程模型的建立方法、由结构图、微分方程和梅逊公式求取系统闭环传递函数、用拉式变换求解系统全响应。

3．难点：控制系统结构图的等效简化和Mason公式应用。

4．知识目标：了解拉氏变换的条件和收敛域，理解拉氏变换的物理含义。掌握拉氏变换的基本性质，并识记常用信号的拉氏变换。掌握控制系统微分方程模型的建立方法，正确理解传递函数的概念，理解控制系统的主要数学模型：微分方程、传递函数、结构图和信号流图之间的关系；掌握一般系统的方块图（结构图）建立、化简方法及其开环和闭环传递函数的求取；掌握梅逊公式的概念。

5．能力目标：能够运用拉氏变换对微分方程求解全响应，掌握运用传递函数分析系统响应的方法；能够运用Mason公式求解系统传递函数。

6．素质目标：借助数学模型概念，启发学生建立起自己的“数学模型”，选择适合于自己的“期望目标”和合适的“控制方法”，不断“反馈”形成闭环，从而促进学业目标与人生目标的实现。

内容3：线性系统的时域分析法

1．基本内容：系统的时域性能分析、一阶系统的时域分析、二阶系统的时域分析、高阶系统的时域分析、线性系统的稳定性分析、线性系统的稳态误差计算、系统全响应的计算、卷积积分的运算方法、系统响应的数值计算方法。

2．重点：一阶系统、二阶系统的数学模型和典型响应特点及特征参数的确定、一阶系统、典型欠阻尼二阶系统的动态性能指标计算方法及其应用限制条件、运用稳定判据判定系统的稳定性、计算稳态误差的一般方法，系统全响应的计算。

3．难点：系统稳定性判别、二阶系统动态性能分析和稳态误差计算。

4．知识目标：熟练掌握一阶系统、二阶系统的数学模型和典型响应特点及特征参数的确定；熟练掌握一阶系统、典型欠阻尼二阶系统的动态性能指标计算方法及其应用限制条件；掌握典型欠阻尼二阶系统特征参数、极点位置与动态性能之间的关系；正确理解主导极点的概念；了解附加闭环零、极点对动态性能的影响。正确理解系统稳定性的概念及其稳定的充要条件；掌握劳斯判据。正确理解有关稳态误差的概念；了解终值定理应用的限制条件；熟练掌握计算稳态误差的一般方法；掌握静态误差系数法及其应用的限制条件。熟练掌握信号描述的各种方法；掌握系统全响应的计算，熟悉卷积积分的运算方法，了解系统响应的数值计算方法。

5．能力目标：能够根据系统特性阐述性能指标的物理意义和对相关指标与系统性能之间进行定性分析；能够运用数学工具分析并计算二阶系统的关键性能指标和参数；能够熟练运用代数稳定判据判定系统的稳定性，并进行有关的分析计算。以实际控制系统为例进行讲解，对比理论计算使得学生能够对工程应用中的多种因素加以考虑和分析。

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。启发学生身体力行，从我做起，从小事做起，为“宿舍”、“班级”、“学院”、“学校”直至“社会”的稳定做出自己的贡献。

内容4：线性系统的根轨迹法

1．基本内容：根轨迹法的基本概念、常规根轨迹的绘制法则、广义根轨迹、系统性能的分析。

2．重点：根轨迹的绘制方法。

3．难点：常规根轨迹的绘制。

4．知识目标：掌握根轨迹的定义、根轨迹方程、幅值、相角条件；掌握根轨迹的绘制法则并能够熟练绘制根轨迹；掌握根据根轨迹定性分析系统性能随参数变化的规律。

5．能力目标：能够运用根轨迹分析法对参数变化时系统的性能变化进行正确的分析与计算；能够运用根轨迹图对实际工程问题进行分析。

6．素质目标：由零、极点的调整，导致闭环根轨迹发生变化，启发学生及时调整自己的“零、极点”，使自己的“根轨迹”处于理想区间。

内容5：线性系统的频域分析法

1．基本内容：频率特性、典型环节与开环系统频率特性、频域稳定判据、频域稳定裕度、闭环系统的频域性能指标。介绍频域分析法与时域分析法的异同，阐述频域分析法在实际系统中的广泛应用。

2．重点：典型环节的频率特性、开环幅相特性曲线、频域稳定判据。

3．难点：频域模型的建立和奈奎斯特判据、稳定裕度的计算。

4．知识目标：正确理解频率特性的概念、掌握典型环节的频率特性，熟练掌握绘制开环幅相特性和开环对数频率特性的方法；了解掌握奈奎斯特稳定判据、对数稳定判据及其在系统分析中的应用；正确理解稳定裕度的概念，掌握计算稳定裕度的方法；掌握开环对数频率特性与系统性能之间的关系。

5．能力目标：能够运用系统频率特性模型对系统的频域性能进行分析与说明；能够运用奈氏判据判断系统稳定性；能够运用公式根据稳定裕度的物理意义对系统的频域稳定性进行分析并计算关键参数；能够对系统频域指标在非技术因素影响下的选取加以理解与解释。

6．素质目标：由稳定裕度概念，启发学生无论什么事情一定事先留有充分裕量，要了解事情的上限和下限，才能从容不迫。

内容6：线性系统的校正方法

1．基本内容：系统的设计与校正问题、常用校正装置及其特性、串联校正、前馈校正。对常见实际控制系统的控制方案的设计方法进行举例讲解，如在系统性能较差、指标与要求不符时，引导学生加入装置或环节，改善系统性能。

2．重点：串联校正。

3．难点：串联超前校正和串联滞后校正。

4．知识目标：正确理解系统设计与校正的基本概念，了解超前、滞后网络的特性；理解串联（超前、滞后）校正设计的原理，熟练掌握串联校正的步骤和方法；了解前馈校正原理和方法。

5．能力目标：能够运用校正的原理和方法实现系统综合设计，改善系统的性能指标。通过常见控制系统的讲授和互动，使学生在校正装置设计方面具备解决复杂工程问题的能力。

6．素质目标：各个性能指标之间有时是矛盾的。培养学生独立发现问题、解决问题的能力，启发学生要解决主要的矛盾和问题。

（二）实验教学部分

实验1：典型环节的电路模拟与软件仿真研究

1.实验内容：设计各种典型环节的模拟电路；完成各种典型环节模拟电路的阶跃特性测试，并研究参数变化对典型环节阶跃特性的影响；在MATLAB软件上，填入各个环节的实际（非理想）传递函数参数，完成典型环节阶跃特性的软件仿真研究，并与电路模拟研究的结果作比较。

2.实验目标：通过实验熟悉并掌握实验装置和上位机软件的使用方法；具有正确分析和处理实验数据的能力；具有分析、查找和排除电路故障的能力；能够独立写出严谨的、有理论分析的、实事求是的、文理通顺的、字迹端正的实验报告。通过实验熟悉各种典型环节的传递函数及其特性，掌握电路模拟和软件仿真研究方法。

实验2：典型系统动态性能和稳定性分析

1.实验内容：观测二阶系统的阶跃响应，测出其超调量和调节时间，并研究其参数变化对动态性能和稳定性的影响；观测三阶系统的阶跃响应，测出其超调量和调节时间，并研究其参数变化对动态性能和稳定性的影响。

2.实验目标：通过实验熟悉并掌握实验装置和上位机软件的使用方法；具有正确分析和处理实验数据的能力；具有分析、查找和排除电路故障的能力；能够独立写出严谨的、有理论分析的、实事求是的、文理通顺的、字迹端正的实验报告；学习和掌握动态性能指标的测试方法；研究典型系统参数对系统动态性能和稳定性的影响。

实验3：典型环节（或系统）的频率特性测量

1.实验内容：完成一阶惯性环节的频率特性曲线理论分析；完成典型二阶系统开环频率特性理论分析；根据测得的频率特性曲线求取各自的传递函数；用软件仿真方法求取一阶惯性环节频率特性和典型二阶系统开环频率特性，并与理论分析所得结果比较。

2.实验目标：掌握上位机软件的使用方法；具有正确分析和处理实验数据的能力；具有分析、查找和排除仿真错误的能力；能够独立写出严谨的、有理论分析的、实事求是的、文理通顺的、字迹端正的实验报告；学习和掌握测量典型环节（或系统）频率特性曲线的方法和技能；学习根据实验所得频率特性曲线求取传递函数的方法。

实验4：线性系统串联校正

1.实验内容：观测未校正系统的稳定性和动态特性；按动态特性要求设计串联校正装置；观测加串联校正装置后系统的稳定性和动态特性，并观测校正装置参数改变对系统性能的影响；对线性系统串联校正进行计算机仿真研究，并对电路模拟与数字仿真结果进行比较研究。

2.实验目标：通过实验熟悉并掌握实验装置和上位机软件的使用方法；具有正确分析和处理实验数据的能力；具有分析、查找和排除电路故障的能力；能够独立写出严谨的、有理论分析的、实事求是的、文理通顺的、字迹端正的实验报告；熟悉串联校正装置对线性系统稳定性和动态特性的影响；掌握串联校正装置的设计方法和参数调试技术。

**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：控制系统导论  内容2：控制系统的数学模型  内容5：线性系统的频域分析法  实验1：典型环节的电路模拟与软件仿真研究 | √ |  |  |
| 课程目标2 | 内容3：线性系统的时域分析法  内容4：线性系统的根轨迹法  内容5：线性系统的频域分析法  内容6：线性系统的校正方法  实验2：典型系统动态性能和稳定性分析、实验4：线性系统串联校正 | √ |  |  |
| 课程目标3 | 内容3：线性系统的时域分析法  内容4：线性系统的根轨迹法  内容5：线性系统的频域分析法  实验3：典型环节（或系统）的频率特性测量 | √ |  |  |

**六、课程教学方法与学时分配**

1. 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，通过列举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、学以致用的目的，教师需要引导性的提问，布置作业时，要从基础知识出发，引发学生思考，拓展学生思维。让学生在完成作业的过程中，培养自身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。

1. 学时分配

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **教学内容** | **课堂讲授** | **实验** | **合计** |
| 内容1:控制系统导论 | 2 |  |  |
| 内容2：控制系统的数学模型 | 12 |  |  |
| 内容3：线性系统的时域分析法 | 12 |  |  |
| 内容4：线性系统的根轨迹法 | 10 |  |  |
| 内容5：线性系统的频域分析法 | 12 |  |  |
| 内容6：线性系统的校正方法 | 8 |  |  |
| 实验1：典型环节的电路模拟与软件仿真研究 |  | 2 |  |
| 实验2：典型系统动态性能和稳定性分析 |  | 2 |  |
| 实验3：典型环节（或系统）的频率特性测量 |  | 2 |  |
| 实验4：线性系统串联校正 |  | 2 |  |
| 合计 | 56 | 8 | 64 |

**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：采用过程考核（期中考试、阶段测验、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。

成绩评定：课程目标达成评价考核总成绩中，过程考核占50%（期中考试占20%、阶段测验占20%、实验占10%），期末考试成绩占50%。各考核环节按照附件中的评分标准进行成绩评定。

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 | 5% | 5% | 2.5% | 12.5% | 25% |
| 2 | 课程目标2 | 12.5% | 12.5% | 5% | 30% | 60% |
| 3 | 课程目标3 | 2.5% | 2.5% | 2.5% | 7.5% | 15% |
| 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. 李友善. 自动控制原理. 北京：国防工业大学出版社. 1989.

2. 胡寿松. 自动控制原理（第五版）. 北京：科学出版社. 2007.

3. 邹伯敏. 自动控制原理. 北京：机械工业出版社. 2002.

4. 鄴景华. 自动控制原理（第二版）. 哈尔滨：哈尔滨工业大学出版社. 2000.

5. 田玉平. 自动控制原理. 北京：电子工业出版社. 2002.

6. 中国大学MOOC国家精品资源共享课，自动控制原理，南京航空航天大学https://www.icourse163.org/course/NUAA-1001754367.

**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。 | | | | |
| **期中测验** | 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，能够验证系统传递函数的性质，分析系统模型的动态响应和设计系统的校正装置，识别并计算系统频率特性；实验结果正确、书写规范。 | 实验报告较完整，能较好地验证系统传递函数的性质，分析系统模型的动态响应和设计系统的校正装置，识别并计算系统频率特性；实验结果合理、书写较规范。 | 实验报告基本完整，基本能够验证系统传递函数的性质，分析系统模型的动态响应和设计系统的校正装置，识别并计算系统频率特性；实验结果基本正确。 | 实验报告不够完整，能够部分验证系统传递函数的性质，分析系统模型的动态响应和设计系统的校正装置，识别并计算系统频率特性；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。 | | | | |