**《电力电子技术》课程教学大纲**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程名称** | **中文** | | 电力电子技术 | | | |
| **英文** | | Power Electronic Technology | | | |
| **课程代码** | A313022 | | **开课学院/系** | 电气信息工程学院/电气工程及其自动化系 | **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** | 电气工程及其自动化 | | | | | |
| **先修课程** | 模拟电子技术基础、电路原理、自动控制原理 | | | | | |
| **选用教材** | 刘进军，王兆安. 电力电子技术（第6版）.北京：机械工业出版社，2022 | | | | | |
| **课时分配** | 理论教学40学时，实验教学8学时 | | | | | |
| **撰写人** | 王琪 | **审定人** | | 陈立兴 | **批准人** | 薛波 |

**一、课程简介**

《电力电子技术》课程是电气工程及其自动化专业的专业基础课，也是一门理论与应用相结合且实践性较强的课程。要求学生具有模拟电子技术基础、电路原理、自动控制原理等基础理论知识。

本课程内容分为三部分：各种电力电子器件的特性和使用方法；四大变换电路（整流电路、逆变电路、直流斩波电路、交流—交流变流电路）的拓扑结构、工作原理、控制方法以及计算方法；电力电子器件的应用范围及技术经济指标。通过该课程的学习，能够让学生掌握基础电力电子电路的结构、工作原理、控制和设计计算方法及实验技能，并能够利用电力电子器件对电能进行变换和控制，为今后从事电力电子工程设计以及研究工作打下基础。

**二、课程目标**

课程目标1：熟练掌握常用电力电子器件的概念、基本变换电路以及控制方法，能够运用这些概念、电路和控制方法（如PWM控制技术、软开关技术）来推演和分析工程实际问题，并能够进行设计方案的比较和可行性论证。

课程目标2：理解和掌握四大变换电路（整流电路、逆变电路、直流斩波电路、交流—交流变流电路）的模型，能够对电路中的控制策略和关键性能指标进行分析以及参数计算。

**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 | 2.2 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：绪论

1．基本内容：电力电子技术概念、发展历史及其应用。

2．重点：电力电子技术的基本概念以及在实际工程领域中的应用。

3．难点：电力电子技术在实际工程领域中的应用。

4．知识目标：掌握电力电子技术的基本概念，理解其在实际工程领域中的应用。

5．能力目标：能够简述电力电子技术的基本概念，能善于发现在工业生产中和日常生活中与本课程基本概念相关的应用实例。

6．素质目标：理解和掌握电力电子技术的基本概念，并将理论联系实际，让学生意识到在现实生活中电力电子技术的应用无处不在，知识就在身边，随处可学习。

内容2：电力电子器件

1．基本内容：电力电子器件概述、不控型器件（电力二极管）、半控型器件（晶闸管）、全控型器件（电力晶体管、电力场效应晶体管和绝缘栅双极晶体管）的基本概念、基本特性和工作原理。

2．重点：电力二极管的基本特性、工作原理；晶闸管的结构与工作原理、基本特性；门极可关断晶闸管、电力晶体管、电力场效应晶体管和绝缘栅双极晶体管的结构和工作原理、基本特性。

3．难点：晶闸管的结构与工作原理、基本特性；门极可关断晶闸管、电力晶体管、电力场效应晶体管和绝缘栅双极晶体管的结构和工作原理。

4．知识目标：掌握不控型器件、半控型器件和全控型器件的具体分类，掌握代表性器件的工作原理和基本特性。

5．能力目标：能够基于电力二极管、晶闸管和门极可关断晶闸管等电力电子器件设计简单基本的变换电路。

6．素质目标：电力电子器件是电力电子技术的基础，通过介绍各类器件，培养学生具备良好的认知自然科学的能力，从基本知识的基础出发，深入浅出，循序渐进。同时培养学生重视基础科学研究，勇于挑战难题，继承和发扬不畏艰辛的传统美德。

内容3：四大变换电路

1．基本内容：四大变换电路（整流电路、逆变电路、直流斩波电路、交流—交流变流电路）的拓扑结构、波形分析和参数计算。介绍工程中变换器应用的典型案例，组织学生进行分析和讨论。

2．重点：（1）单相可控整流电路的拓扑结构、工作原理、波形分析以及参数计算；三相可控整流电路的拓扑结构、工作原理和波形分析。（2）单相电压型半桥逆变电路和全桥逆变电路的拓扑结构、工作原理和波形分析；单相电流型逆变电路的拓扑结构、工作原理和波形分析。（3）降压斩波电路的拓扑结构、工作原理、波形分析和参数计算；升压斩波电路的拓扑结构、工作原理、波形分析和参数计算。（4）单相交流调压电路的拓扑结构、工作原理和波形分析；交流调功电路的拓扑结构、工作原理和波形分析；单相交交变频电路的拓扑结构、工作原理和波形分析。

3．难点：（1）单相可控整流电路的拓扑结构、工作原理和波形分析以及参数计算。（2）单相电压型全桥逆变电路和单相电流型逆变电路的拓扑结构、工作原理和波形分析。（3）降压斩波电路和升压斩波电路的拓扑结构、工作原理和波形分析（4）单相交流调压电路和交流调功电路的拓扑结构、工作原理和波形分析。

4．知识目标：掌握整流、逆变、直流斩波和交流变交流四大变换电路的拓扑结构设计，理解其工作原理，并能够分析电路的波形，计算相关设计参数。

5．能力目标：能够运用整流、逆变、直流斩波和交流变交流四大变换电路的工作原理设计相应的电力电子变换器，并能对所设计的变换器进行调试与性能分析。能够根据理论分析实际工程中的典型变换电路并进行参数计算。

6．素质目标：四大变换是电力电子技术的核心，通过教授该内容可培养学生运用基本理论知识解决电力电子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，懂得节约能源，保护环境和生态，并能具备新时代的大国工匠精神。

内容4：PWM控制技术和软开关技术

1．基本内容：（1） PWM控制的基本原理、PWM逆变电路及其控制方法和PWM跟踪控制技术。（2）软开关的基本概念、软开关电路的分类、零电压开关准谐振电路和谐振直流环电路的拓扑结构、工作原理和波形分析。介绍PWM控制技术在各类实际工程中的应用并进行分析。

2．重点：（1）PWM控制的基本原理；PWM逆变电路及其控制方法中的调制法、和规则采样法；PWM跟踪控制技术中的滞环比较方式、三角波比较方式。（2）零电压开关准谐振电路的拓扑结构、工作原理和波形分析；谐振直流环电路的拓扑结构、工作原理和波形分析。

3．难点：（1）PWM控制的基本原理；PWM逆变电路的调制控制方法；PWM跟踪控制技术中的滞环比较方式、三角波比较方式。（2）零电压开关准谐振电路和谐振直流环电路的拓扑结构、工作原理和波形分析。

4．知识目标：熟练掌握PWM控制技术和软开关技术的基本原理与实现方法。

5．能力目标：能够运用PWM计算对整流、逆变、直流斩波和交流变交流四大变换电路中的开关管进行合理控制，并能运用软开关技术降低电力电子开关电路的损耗，提高开关频率。能够分析PWM信号控制在工业控制中的实际案例，如温度控制、电机转速控制等，并且与其他控制方案进行分析比较。

6．素质目标：PWM控制技术是电力电子技术的灵魂，软开关技术可降低开关损耗和噪声，提高开关效率，通过讲授这部分内容，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1：三相桥式全控整流电路的性能分析

1．实验内容：（1）熟悉实验装置的电路结构和器件，检查连线主电路和触发电路的接插线。（2）测量主电路电源相序和同步电源相序，确保主电路电压和同步电压配合的合理性。（3）测量触发脉冲的宽度和幅值，校核用于主电路的双脉冲触发全控桥的正确性，观察锯齿波的斜率是否一致。（4）接电阻负载，调节偏置电压，观察触发角α分别为0°、30°、60°、90°和120°时输出电压的波形，并记录输出电压的幅值。

2．实验目标：（1）掌握三相桥式全控整流电路的工作原理。（2）熟悉三相桥式全控整流电路的接线、器件和保护情况。（3）观察在电阻负载情况下电路输出电压的波形，测量并读取输出电压数值。

实验2：直流斩波电路的性能分析

1．实验内容：（1）熟悉实验装置的电路结构和主要器件，检查实验装置输入和输出的线路是否正确，以及控制电路和主电路的电源开关是否在“关”的位置。（2）接通控制电路电源，用示波器分别观察锯齿波和PWM信号的波形，调节Ur的大小，观看PWM信号的变化情况。（3）选择升压斩波电路，连线接通主电路和控制电路，观察电压幅值是否升高，并记录实验结果。

2．实验目标：（1）掌握直流斩波电路的工作原理。（2）熟悉直流斩波电路的接线、器件和保护情况。（3）观察在灯箱负载中灯泡亮暗的变化情况，测量并读取输出电压数值。

实验3：单相交流调压电路的性能分析

1．实验内容：（1）熟悉实验装置的电路结构和主要器件，检查实验装置输入和输出的线路是否正确，以及控制电路和主电路的电源开关是否在“关”的位置。（2）选用晶闸管作为开关器件，熟练掌握晶闸管的工作特性。（4）检查连线正确后，接通主电路和控制电路的电源，观察交流电压是否可调，并记录实验结果。

2．实验目标：（1）掌握单相交流调压电路的工作原理。（2）熟悉单相交流调压电路的接线、器件和保护情况。（3）观察在灯箱负载中灯泡亮暗的变化情况，观察并分析示波器输出电压的波形，测量以及读取输出电压的幅值。

实验4：单相交-直-交变频电路的性能分析

1．实验内容：（1）熟悉实验装置的电路结构和主要器件，检查实验装置输入和输出的线路是否正确，以及控制电路和主电路的电源开关是否在“关”的位置。（2）观察正弦波发生电路输出的正弦信号ur波形和三角波载波uo的波形。（3）观察对V1、V4进行控制的PWM信号和对V2、V3进行控制的PWM信号。（4）检查连线正确后，接通主电路和控制电路的电源，观察电路频率是否有变化，并记录实验结果。

2．实验目标：（1） 掌握单相交-直-交变频电路的电路组成。（2）熟悉单相桥式PWM逆变电路中各元器件的作用和工作原理。（3）熟悉单相交-直-交变频电路的接线、器件和保护情况。（4）观察示波器中输出电压的波形，测量并读取输出电压的频率。

**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：绪论  内容2：电力电子器件  内容4：PWM控制技术和软开关技术  实验3：单相交流调压电路的性能分析  实验4：单相交-直-交变频电路的性能分析 | √ |  |  |
| 课程目标2 | 内容3：四大变换电路  实验1：三相桥式全控整流电路的性能分析  实验2：直流斩波电路的性能分析 | √ |  |  |

**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:绪论 | 2 |  | 2 |
| 内容2：电力电子器件 | 6 |  | 6 |
| 内容3：四大变换电路 | 24 |  | 24 |
| 内容4：PWM控制技术和软开关技术 | 8 |  | 8 |
| 实验1：三相桥式全控整流电路的性能分析 |  | 2 | 2 |
| 实验2：直流斩波电路的性能分析 |  | 2 | 2 |
| 实验3：单相交流调压电路的性能分析 |  | 2 | 2 |
| 实验4：单相交-直-交变频电路的性能分析 |  | 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15%、课后作业成绩占15%、课内实验成绩占20%、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% | 5% | 5% | 20% | 40% |
| 2 | 课程目标2 | 5% | 10% | 15% | 30% | 60% |
| 合计 | | 15% | 15% | 20% | 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.张兴,黄海宏.《电力电子技术》（第三版）．北京:科学出版社,2023.

2.阮新波.《电力电子技术》．北京:科学出版社,2021.

3.[范立娜](http://search.dangdang.com/?key2=%B7%B6%C1%A2%C4%C8&medium=01&category_path=01.00.00.00.00.00),[王立夫](http://search.dangdang.com/?key2=%CD%F5%C1%A2%B7%F2&medium=01&category_path=01.00.00.00.00.00).《电力电子技术及其系统仿真》．北京:机械工业出版社,2022.

4.中国大学MOOC资源共享课，电力电子技术，哈尔滨工业大学，https://www.icourse163.org/course/HIT-1002540001.

**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）调查内容为当前电力电子技术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）调查内容不是当前电力电子技术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。 | | | | |