

电气与控制工程学院

# 课程教学大纲

课程名 (COURSE TITLE) :	现代电力电子技术 I
课程代码 (COURSE CODE) :	7099811
学 分 (CREDIT VALUE) :	4
开课单位 (DEPARTMENT/UNIT) :	电气工程系
版 本 (VERSION) :	DG7099811-202108
课程负责人 (COURSE COORDINATOR) :	周京华

北方工业大学 电气与控制工程学院

2021 年 8 月

# 目 录

1 课程基本信息.....	3
2 毕业要求与课程目标.....	4
2.1 本课程支撑的毕业要求观测点.....	4
2.2 课程目标.....	4
2.3 毕业要求与课程目标的关系.....	6
3 课程内容及安排.....	7
3.1 课程学时总体安排.....	7
3.2 各知识单元内容和预期学习目标.....	7
4 课堂教学设计和实施载体.....	14
5 课程实验教学.....	16
5.1 实验名称和安排.....	16
5.2 实验要求和教学组织.....	17
5.3 实验预习和实验报告要求.....	20
5.4 实验教学在能力培养方面的具体措施.....	21
6 课程考核方案和依据.....	22
6.1 课程考核方案.....	22
6.2 课程各考核项评价依据和标准.....	23
7 本次修订说明.....	25
8 其他需要说明的问题.....	26

## 1 课程基本信息

课程名称（中文）	现代电力电子技术 I					
课程名称（英文）	Modern Power Electronics I					
课程计划学时	64		课外学时建议		90	
计划学时构成	理论学时	50	实验学时	14	上机学时	0
课外学时要求	线上学习要求：21		自主学习建议学时：69			
先修课名称	(7030701)高等数学(1)、(7030702)高等数学(2)、(7021241)电路分析、(7069201)模拟电子技术、(7087611)数字电子技术					
适用专业年级	电气工程及其自动化、新能源科学与工程					
开课单位	电气工程系					
课程简介	<p>本课程为电气工程及其自动化专业的专业教育课程必修课，开设于第 5 学期。本课程为学生从事电气工程领域的相关工作奠定基本的理论基础，目的是让学生掌握常用电力电子器件的原理和使用方法、掌握四种电力电子变换电路的原理、波形分析及 PWM 控制方法，了解电力电子技术在工业领域中的具体应用与发展趋势，培养学生分析和解决具体电力电子系统问题的能力，为后续专业课奠定坚实的基础。考核方式为平时成绩+期末考试成绩，期末考试为闭卷考试。</p>					
教材和学习资源	<p><b>基础资料：</b></p> <p>(1) 《电力电子技术》（第 5 版），王兆安 刘进军主编，机械工业出版社，2010 年，ISBN 号：978-7-111-26806-2</p> <p>(2) 《现代电力电子技术》，周京华 李正熙主编，中国水利水电出版社，2013 年，ISBN 号：978-7-517-01169-9</p> <p><b>参考资料：</b></p> <p>(1) 《电力电子技术原理、控制与应用》，周京华等译，机械工业出版社，2021 年，ISBN 号：978-7-111-66063-7</p> <p>(2) 《现代电力电子技术》，林渭勋主编，机械工业出版社，2010 年，ISBN 号：978-7-111-16096-0</p> <p>(3) Power Electronics, David Allan Bradley, CRC Press, 2017 年，ISBN 号：978-0-41-57100-8</p> <p>(4) 教师推荐的 MOOC 资源</p>					
大纲版本号	DG7099811-202108		前一版本号		DG7099811-201912	
大纲修订人	周京华		修订时间		2021.08	
课程团队负责人	梅杨		实验教学审核人		胡长斌	

专业负责人	周京华	审核时间	2021.08
学院批准人	徐继宁	批准时间	2021.09

## 2 毕业要求与课程目标

### 2.1 本课程支撑的毕业要求观测点

电气工程及其自动化专业和新能源科学与工程专业 2019 版培养方案为本课程设置了 6 个观测点，具体如下：

(1) 毕业要求观测点 1-5：掌握专业基础理论知识，具备将电气工程、控制工程、计算机科学与技术等多学科基础知识应用于分析和解决复杂电气工程问题的能力。

(2) 毕业要求观测点 2-1：能利用数学、自然科学和工程科学的基本原理，分析复杂电气工程问题的工作机理，针对复杂工程问题建立数学和物理模型并得出恰当结论。

(3) 毕业要求观测点 4-2：能根据实验步骤操作实验装置，正确采集和整理实验数据，对实验数据和结果进行分析和解释，并与理论分析进行比较，通过信息综合得出合理有效的结论。

(4) 毕业要求观测点 5-1：能开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具。

(5) 毕业要求观测点 9-1：能理解多学科团队中各角色的作用及其内在联系，理解分工和协作、参与和分享、信任与尊重。

(6) 毕业要求观测点 12-1：具有自主学习与终身学习并适应发展的能力。

### 2.2 课程目标

根据电气专业、新能源专业毕业要求观测点，本课程设置了 8 个知识目标，4 个能力目标（简称：DLDZ-X），另根据教育部和学校要求，课程设置了 1 个思政目标，不做输出目标考核。

**知识目标：**

#### **DLDZ-1：电力电子技术的基本概念和具体应用**

掌握电力电子技术的基本概念、分类；理解电力电子技术与相关课程之间的

关系；了解电力电子技术的具体应用以及发展趋势。

### **DLDZ-2：电力电子器件**

掌握电力电子器件的基本概念和分类；掌握电力二极管的结构、工作原理、基本特性和主要参数；掌握晶闸管的结构、工作原理、基本特性和主要参数；掌握全控型器件的结构、工作原理、基本特性和主要参数；理解电力电子器件的驱动电路、保护电路、缓冲电路的工作原理。

### **DLDZ-3：电力电子变换电路**

**整流电路：**掌握整流电路的定义与分类；掌握单相整流电路、三相整流电路的拓扑结构、工作原理、波形分析和定量计算；掌握整流电路的谐波特性以及功率因数定义。

**逆变电路：**掌握逆变电路的定义与分类；掌握单相逆变电路、三相逆变电路的拓扑结构、工作原理、波形分析和定量计算。

**交流-交流变流电路：**明确交流-交流变流电路的定义、分类和工程应用；掌握单相交流-交流变流电路、三相交流-交流变流电路的拓扑结构、工作原理、波形分析和定量计算。

**直流-直流变流电路：**明确直流-直流变流电路的定义与分类；掌握降压斩波电路、升压斩波电路及带隔离的直流直流变流电路的拓扑结构、工作原理、波形分析和定量计算。

### **DLDZ-4：PWM 控制技术**

理解 PWM 控制技术的基本原理与分类；理解单极性调制和双极性调制的区别；掌握三相桥式 PWM 逆变电路的工作原理、波形分析及谐波分析；理解直流电压利用率的基本概念；掌握滞环比较和三角波比较两种 PWM 跟踪方式的基本原理。

### **DLDZ-5：软开关技术**

理解软开关技术的基本概念；明确软开关与硬开关的区别；掌握软开关电路的分类和典型软开关电路的工作原理。

### **能力目标：**

### **DLDZ-6：电力电子电路分析能力**

能运用所学知识分析电力电子变换电路的工作原理、控制方式；能推导电力

电子变换电路的典型电量表达式以及绘制输入输出波形；能结合具体工程问题和应用对象对变换电路方案进行设计；能对电力电子变换系统的主电路进行参数计算和器件选型。

#### **DLDZ-7:电力电子变换器仿真能力**

能使用现代化仿真工具对电力电子变换电路进行数学建模、原理验证以及波形分析。

#### **DLDZ-8：电力电子实验能力**

能正确操作实际电力电子变换电路、记录波形与数据、进行波形分析与数据处理。

#### **DLDZ-9：自学与自律能力**

能保证出勤、按时完成作业、善于时间管理。

#### **DLDZ-10：团队协作沟通能力**

能以小组为单位针对电力电子技术的某个专题进行分工协作、文献调研、小组讨论以及成果汇报。

#### **思政目标：**

#### **DLDZ-11：课程思政**

用自然辩证法的科学方法论传授教学内容，探索教学内容与中国文化、自然辩证法及经济建设的结合点，鼓励学生在中国文化中寻找创新源泉；引入国家节能减排、低碳经济发展战略，树立科学发展观、可持续发展观；立足中国制造，以我国电力电子装备业的发展成就激励学生热爱专业、投身工业，实干兴邦；延伸“绿色环保”概念至电力装备，要求学生理解绿色电能的概念，树立电力资源节约意识。

### **2.3 毕业要求与课程目标的关系**

毕业要求	观测点	支撑权重	课程目标	贡献度
1 工程知识	1-5	0.15	DLDZ-1: 电力电子技术的基本概念和工程应用	11.1%
			DLDZ-2: 电力电子器件	16.8%
			DLDZ-3: 电力电子变换电路	54.1%
			DLDZ-4: PWM 控制技术	9.7%

			DLDZ-5: 软开关技术	8.4%
2 问题分析	2-1	0.1	DLDZ-6: 电力电子电路分析能力	100%
4 研究	4-2	0.1	DLDZ-8: 实验能力	100%
5 使用现代工具	5-1	0.1	DLDZ-7: 电力电子变换器仿真能力	100%
9 个人和团队	9-1	0.1	DLDZ-10: 团队协作沟通能力	100%
12 终身学习	12-1	0.1	DLDZ-9: 自学与自律能力	100%

### 3 课程内容及安排

#### 3.1 课程学时总体安排

课程性质：专业教育课程必修课

课内/实验/上机/课外学时:50/14/0/90

理论课 (学时)		习题课 (学时)		实验 (学时)		研讨 (学时)		社会实践 (学时)		项目任务 (学时)		在线学习 (学时)		其他 (学时)	
课内	课外	课内	课外	课内	课外	课内	课外	课内	课外	课内	课外	课内	课外	课内	课外
42	21	4	10	14	20	4	18	0	0	0	0	0	21	0	0

#### 3.2 各知识单元内容和预期学习目标

本课程内容分为 10 章，配有 7 个课内实验。下表介绍课程的章节划分，学时安排，以及学习完成后的预期目标结果。

知识单元 章、节、点	学习内容和预期结果	课程目标	学时	
			课内	课外
第 1 章 绪论 1.1 什么是电力电子技术 1.2 电力电子技术的发展史 1.3 电力电子技术的应用	<b>学习内容：</b> 电力电子技术的基本概念；电力电子技术的发展史；电力电子技术的应用；电力电子技术的定义；电力电子技术的四种基本变换电路。 <b>预期结果：</b> (1) <b>识记和复述：</b> 能阐述电力电子技术的基本概念、电力电子技术的发展历程。	DLDZ-1 DLDZ-11	2	2

	<p>(2) <b>解释和举例</b>: 能阐述电力电子技术的应用范围和发展趋势、电力电子技术的学科交叉内涵。</p> <p>(3) <b>概念关联分辨</b>: 能分辨电力电子技术的四种基本变换电路。</p>			
<p>第 2 章 电力电子器件</p> <p>2.1 电力电子器件概述</p> <p>2.2 不可控器件—电力二极管</p> <p>2.3 半控型器件—晶闸管</p> <p>2.4 典型全控型器件</p> <p>2.5 其他新型电力电子器件</p> <p>2.6 功率集成电路与集成电力电子模块 安排 1 次课内实验</p>	<p><b>学习内容</b>: 电力电子器件的概念、特征和分类; 电力电子系统的组成; PN 结的工作原理; 不可控器件——电力二极管; 晶闸管的结构、工作原理、主要参数和派生器件; 典型全控型器件概述; 门极可关断晶闸管(GTO)的工作原理、特性分析以及主要参数; 电力晶体管(GTR) 的工作原理、特性分析以及主要参数; 电力场效应晶体管的结构、工作原理、基本特性、主要参数和发展现状; 绝缘栅双极晶体管 (IGBT) 的结构、工作原理、基本特性和主要参数; 其他新型电力电子器件。</p> <p><b>预期结果</b>:</p> <p>(1) <b>识记和复述</b>: 能阐述电力电子器件的基本概念、特征; 能简述新型电力电子器件的发展现状和趋势。</p> <p>(2) <b>解释和举例</b>: 能阐述电力电子器件的工程应用和亟待解决的问题。</p> <p>(3) <b>概念关联分辨</b>: 能表述电力电子系统的基本结构; 能进行电力电子器件的分类。</p> <p>(4) <b>原理分析</b>: 能分析电力二极管的工作原理、基本特性; 能分析晶闸管的基本结构和工作原理以及基本特性; 能分析全控型电力电子器件 GTO、GTR 的工作原理、动态特性和主要参数对器件的影响; 能分析电力场效应晶体管的工作原理、基本特性和主要参数对器件的影响; 能分析绝缘栅双极晶体管 (IGBT) 的结构、工作原理、</p>	<p>DLDZ-2 DLDZ-6 DLDZ-7 DLDZ-8 DLDZ-11</p>	12	12

	<p>基本特性和主要参数对器件的影响。</p> <p>(5) <b>数学计算和参数设计</b>: 能进行电力二极管的参数计算与选型; 能进行晶闸管的参数计算与选型; 能进行典型全控型器件的参数计算与选型。</p>			
<p>第3章 整流电路</p> <p>3.1 单相可控整流电路</p> <p>3.2 三相可控整流电路</p> <p>3.3 变压器漏感对整流电路的影响</p> <p>3.4 电容滤波的不可控整流电路</p> <p>3.5 整流电路的谐波和功率因数</p> <p>3.6 大功率可控整流电路</p> <p>3.7 整流电路的有源逆变工作状态</p> <p>3.8 整流电路相位控制的实现</p> <p>安排1次课内实验</p>	<p><b>学习内容</b>: 整流电路的定义与分类; 单相可控整流电路的工作原理与定量计算; 三相半波可控整流电路的工作原理、定量计算; 三相桥式全控整流电路的工作原理、定量计算; 变压器漏感对整流电路的影响; 电容滤波的不可控整流电路; 整流电路的谐波和功率因数; 大功率可控整流电路; 整流电路的有源逆变工作状态。</p> <p><b>预期结果</b>:</p> <p>(1) <b>识记和复述</b>: 能明确阐述整流电路的定义与分类。</p> <p>(2) <b>解释和举例</b>: 能阐述整流电路的工程应用和亟待解决的问题。</p> <p>(3) <b>概念关联分辨</b>: 能阐述电容滤波的不可控整流电路的电路特性。</p> <p>(4) <b>原理分析</b>: 能分析各个单相可控整流电路在不同负载情况下的工作原理; 能分析各个三相可控整流电路在不同负载情况下的工作原理; 能运用分段线性化思维对电路进行分析; 能对变压器漏感对整流电路的影响进行定性分析; 能阐述大功率可控整流电路工作原理; 能阐述整流电路有源逆变工作状态的条件与限制。</p> <p>(5) <b>数学计算和参数设计</b>: 能进行各个单相可控整流电路在不同负载情况下的定量计算; 能进行各个三相可控整流电路在不同负载情况下的定量计算; 能对变压器漏感对整流电路的影响进行定</p>	<p>DLDZ-3</p> <p>DLDZ-6</p> <p>DLDZ-7</p> <p>DLDZ-8</p> <p>DLDZ-11</p>	10	10

	<p>量计算；能进行整流电路的谐波分析以及功率因数计算。</p> <p>(6) <b>波形绘制</b>：能绘制各个单相可控整流电路的不同负载的电量波形；能绘制各个三相可控整流电路的不同负载的电量波形。</p> <p>(7) <b>系统仿真和验证</b>：能利用现代化仿真工具针对整流电路进行仿真建模与原理验证。</p>			
<p>第4章 逆变电路</p> <p>4.1 换流方式</p> <p>4.2 电压型逆变电路</p> <p>4.3 电流型逆变电路</p> <p>4.4 多重逆变电路和多电平逆变电路</p>	<p><b>学习内容</b>：逆变电路的换流方式；电压型逆变电路；电流型逆变电路；逆变电路的发展现状与展望。</p> <p><b>预期结果</b>：</p> <p>(1) <b>识记和复述</b>：能阐述逆变电路的基本概念。</p> <p>(2) <b>解释和举例</b>：能阐述逆变电路的工程应用和亟待解决的问题；能阐述多重逆变电路和多电平逆变电路的特点与优势。</p> <p>(3) <b>概念关联分辨</b>：能区分逆变电路的换流方式。</p> <p>(4) <b>原理分析</b>：能进行电压型逆变电路的原理分析；能进行电流型逆变电路的原理分析。</p> <p>(5) <b>数学计算和参数设计</b>：能进行电压型逆变电路的定量计算；能进行电流型逆变电路的定量计算。</p> <p>(6) <b>波形绘制</b>：能绘制各个电压型逆变电路的不同负载的电量波形；能绘制各个电流型逆变电路的不同负载的电量波形。</p> <p>(7) <b>系统仿真和验证</b>：能利用现代化仿真工具针对逆变电路进行仿真建模与原理验证。</p>	<p>DLDZ-3</p> <p>DLDZ-6</p> <p>DLDZ-7</p> <p>DLDZ-8</p> <p>DLDZ-11</p>	4	4
<p>第5章 直流-直流变流电路</p> <p>5.1 基本斩波电路</p>	<p><b>学习内容</b>：降压斩波电路；升压斩波电路；升降压斩波电路和Cuk斩波电路；复合斩波电路和多</p>	<p>DLDZ-3</p> <p>DLDZ-6</p> <p>DLDZ-7</p> <p>DLDZ-8</p>	6	6

<p>5.2 复合斩波电路和 相多重斩波电路</p> <p>5.3 带隔离的直流-直 流变流电路</p> <p>安排 1 次课内实验</p>	<p>相多重斩波电路；带隔离的直流-直流变流电路； 直流-直流变换电路的工程应用和发展趋势。</p> <p><b>预期结果：</b></p> <p>(1) <b>识记和复述：</b>能阐述直流-直流变流电路的 基本概念。</p> <p>(2) <b>解释和举例：</b>能阐述直流-直流变流电路的 工程应用和发展趋势。</p> <p>(3) <b>概念关联分辨：</b>能明确直流-直流变流电路 的分类。</p> <p>(4) <b>原理分析：</b>能分析降压斩波电路、升压斩波 电路的工作原理；能分析各类非隔离型、隔离型 直流-直流变流电路的工作原理。</p> <p>(5) <b>数学计算和参数设计：</b>能推导降压斩波电路、 升压斩波电路的电路表达式与输入输出关系；能 推导各类非隔离型、隔离型直流-直流变流电路的 电路表达式与输入输出关系。</p> <p>(6) <b>波形绘制：</b>能绘制降压斩波电路、升压斩波 电路的典型电量波形图；能绘制各类非隔离型、 隔离型直流-直流变流电路的典型电量波形图。</p> <p>(7) <b>系统仿真和验证：</b>能利用现代化仿真工具针 对直流-直流变流电路进行仿真建模与原理验证。</p>	<p>DLDZ-11</p>		
<p>第 6 章 交流-交流变流电路</p> <p>6.1 交流调压电路</p> <p>6.2 其他交流电力控制 电路</p> <p>6.3 交-交变频电路</p> <p>6.4 矩阵式变频电路</p> <p>安排 1 次课内实验</p>	<p><b>学习内容：</b>交流-交流变流电路的分类和工程应 用；单相交流调压电路的拓扑结构和工作原理、 波形分析与参数计算；三相交流调压电路的拓扑 结构和谐波分析；交-交变频电路。</p> <p><b>预期结果：</b></p> <p>(1) <b>识记和复述：</b>能阐述交流-交流变流电路的 基本概念。</p> <p>(2) <b>解释和举例：</b>能阐述交流-交流变流电路的</p>	<p>DLDZ-3 DLDZ-6 DLDZ-7 DLDZ-8 DLDZ-11</p>	<p>6</p>	<p>6</p>

	<p>工程应用和发展趋势。</p> <p>(3) <b>概念关联分辨</b>: 能明确交流-交流变流电路的分类; 能说明交流调功电路与交流调压电路的异同。</p> <p>(4) <b>原理分析</b>: 能进行单相交流调压电路的波形分析与工作原理阐述; 能阐述不同负载下单相交流调压电路的工作特点; 能说明三相交流调压电路的拓扑结构与谐波特性; 能进行单相交交变频电路的原理分析; 能分析三相交交变频电路的工作特点与谐波分布。</p> <p>(5) <b>数学计算和参数设计</b>: 能进行单相交流调压电路的参数计算。</p> <p>(6) <b>波形绘制</b>: 能绘制单相交流调压电路的典型电量波形图。</p> <p>(7) <b>系统仿真和验证</b>: 能利用现代化仿真工具针对交流-交流变流电路进行仿真建模与原理验证。</p>			
<p>第 7 章 PWM 控制技术</p> <p>7.1 PWM 控制的基本原理</p> <p>7.2 PWM 逆变电路及其控制方法</p> <p>7.3 PWM 跟踪控制技术</p> <p>7.4 PWM 整流电路及其控制方法</p> <p>安排 2 次课内实验</p>	<p><b>学习内容</b>: PWM 控制的基本原理; PWM 逆变电路谐波; 提高直流电压利用率的方法; PWM 跟踪控制技术。</p> <p><b>预期结果</b>:</p> <p>(1) <b>识记和复述</b>: 能阐述 PWM 控制技术的基本概念; 能够阐述直流电压利用率的基本概念。</p> <p>(2) <b>解释和举例</b>: 能阐述 PWM 控制技术的工程应用和发展趋势。</p> <p>(3) <b>概念关联分辨</b>: 能明确 PWM 控制技术的分类; 能说明计算法和调制法的异同; 能说明滞环比较和三角波比较两种 PWM 跟踪方式的异同。</p> <p>(4) <b>原理分析</b>: 能分析 PWM 控制技术的基本原理; 能分别分析单极性调制和双极性调制逆变电</p>	<p>DLDZ-4 DLDZ-6 DLDZ-7 DLDZ-8 DLDZ-11</p>	<p>8</p>	<p>14</p>

	<p>路的工作原理；能进行三相桥式 PWM 逆变电路的波形分析；能分析 PWM 逆变电路的谐波分析方法；能分别分析滞环比较和三角波比较两种 PWM 跟踪方式的基本原理。</p> <p>(5) <b>数学计算和参数设计</b>:能进行三相桥式 PWM 逆变电路的参数计算。</p> <p>(6) <b>波形绘制</b>:能分别绘制分析单极性调制和双极性调制逆变电路的典型电量波形；能绘制三相桥式 PWM 逆变电路的典型电量波形。</p> <p>(7) <b>系统仿真和验证</b>:能利用现代化仿真工具针对 PWM 控制策略进行仿真建模与原理验证。</p>			
<p>第 8 章 软开关技术</p> <p>8.1 软开关的基本概念</p> <p>8.2 软开关电路的分类</p> <p>8.3 典型的软开关电路</p> <p>8.4 软开关技术新进展</p>	<p><b>学习内容</b>: 软开关的基本概念；软开关的电路分类；典型的软开关电路；软开关技术的发展趋势。</p> <p><b>预期结果</b>:</p> <p>(1) <b>识记和复述</b>:能阐述软开关技术的基本概念。</p> <p>(2) <b>解释和举例</b>:能阐述软开关技术的工程应用和发展趋势。</p> <p>(3) <b>概念关联分辨</b>:能明确软开关技术的分类；能够区分零电压开关与零电流开关。</p> <p>(4) <b>原理分析</b>:能分析零电压开关准谐振电路的工作原理；能分析移相全桥型零电压开关 PWM 电路的工作原理。</p> <p>(5) <b>波形绘制</b>:能绘制典型软开关电路的典型电量波形。</p>	<p>DLDZ-5</p> <p>DLDZ-6</p> <p>DLDZ-11</p>	2	2
<p>第 9 章 电力电子器件应用的 共性问题</p> <p>9.1 电力电子器件的驱动</p> <p>9.2 电力电子器件的保</p>	<p><b>学习内容</b>: 电力电子器件的驱动电路；电力电子器件的保护电路；电力电子器件的串联使用和并联使用。</p> <p><b>预期结果</b>:</p>	<p>DLDZ-2</p> <p>DLDZ-8</p> <p>DLDZ-11</p>	4	4

<p>护</p> <p>9.3 电力电子器件的串联和并联使用</p> <p>安排 1 次课内实验</p>	<p>(1) <b>识记和复述</b>: 能阐述驱动电路在电力电子系统中的作用。</p> <p>(2) <b>概念关联分辨</b>: 能明确区分电力电子系统的各部分组成。</p> <p>(3) <b>原理分析</b>: 能分析晶闸管的触发电路以及全控型电力电子器件的驱动电路的工作原理; 能分析电力电子器件的保护电路的作用以及原理。</p>			
<p>第 10 章</p> <p>电力电子技术的应用</p> <p>10.1 晶闸管直流电动机系统</p> <p>10.2 变频器和交流调速系统</p> <p>10.3 不间断电源</p> <p>10.4 开关电源</p> <p>10.5 功率因数校正技术</p> <p>10.6 电力电子技术在电力系统中的应用</p> <p>10.7 电力电子技术的其他应用</p> <p>安排 2 次讨论课</p> <p>安排 2 次习题课</p>	<p><b>学习内容</b>: 晶闸管直流电动机系统; 变频器和交流调速系统; 开关电源; 功率因数校正系统; 电力电子在电力系统中的应用。</p> <p><b>预期结果</b>:</p> <p>(1) <b>识记和复述</b>: 能阐述电力电子技术的工程应用特点。</p> <p>(2) <b>解释和举例</b>: 能阐述电力电子技术的应用范围和发展趋势、电力电子技术的学科交叉内涵。</p> <p>(3) <b>原理分析</b>: 能分析晶闸管直流可逆电力拖动系统的工作原理; 能分析交直交变频器的拓扑结构与工作原理; 能阐述开关电源的控制方法; 能够分析功率因数校正系统的基本原理。</p>	<p>DLDZ-1</p> <p>DLDZ-10</p> <p>DLDZ-11</p>	<p>10</p>	<p>30</p>

#### 4 课堂教学设计和实施载体

本课程教学采用 PowerPoint、Flash 制作的动画、教学影视片及课堂板书相结合的教学手段, 同时采用启发式、讨论式、案例式等教学方式, 突出对学生工程应用能力和创新意识的培养。

课下学习采用布置书面作业、完成思维导图和学习线上 MOOC 资源相结合的方式。

课程各章节中蕴含着丰富的思政教育元素, 教学设计选择合适的切入点, 潜移默化地实现对学生的思想政治教育, 促进学生知识与能力、过程与方法、科学

素养与价值引领的统一。课程环节始终坚持理论与实践的辩证统一思想，充分体现了马克思主义哲学中的实践核心观点。教学结合工程应用实际开发流程，全面培养学生解决复杂电气工程问题的能力，提升创新和创造能力，明确工匠精神在国家科技发展和个人职业发展中的重要性。

课程目标	知识单元		学习场景/教学模式	实施载体
	章	节/目		
DLDZ-1	<b>第1章 绪论</b>		翻转课堂	课堂讨论、多媒体教学
DLDZ-11	1.1 什么是电力电子技术			
	1.2 电力电子技术的发展史			
	1.3 电力电子技术的应用		案例引导	讲义教案、短视频导学
	<b>第2章 电力电子器件</b>		课堂讲授	讲义教案
	2.1 电力电子器件概述			
	2.2 不可控器件—电力二极管		课堂讲授、讨论	讲义教案、多媒体教学
	2.3 半控型器件—晶闸管		课堂讲授、讨论	讲义教案、多媒体教学
DLDZ-2	2.4 典型全控型器件		课堂讲授、练习归纳	讲义教案、多媒体教学
DLDZ-6	2.5 其他新型电力电子器件		课堂讲授、练习归纳	讲义教案、课堂讨论
DLDZ-7	2.6 功率集成电路与集成电力电子模块		课堂讲授、讨论	讲义教案、布置作业
DLDZ-8				
DLDZ-11	<b>第9章 电力电子器件应用的共性问题</b>		案例引导	讲义教案、短视频导学
	9.1 电力电子器件的驱动			
	9.2 电力电子器件的保护			
	9.3 电力电子器件的串联和并联使用		课堂讲授、讨论	讲义教案、多媒体教学
	<b>第3章 整流电路</b>		案例引导、课堂讲授	讲义教案、多媒体教学
	3.1 单相可控整流电路			
DLDZ-3	3.2 三相可控整流电路		课堂讲授、仿真讲解	讲义教案、多媒体教学
DLDZ-6	3.3 变压器漏感对整流电路的影响		课堂讲授、仿真讲解	讲义教案、练习和解析
DLDZ-7	3.4 电容滤波的不可控整流电路		课堂讲授、讨论	讲义教案、练习和解析
DLDZ-8	3.5 整流电路的谐波和功率因数		课堂讲授、讨论	讲义教案、多媒体教学
DLDZ-11	3.6 大功率可控整流电路		课堂讲授、讨论	讲义教案、多媒体教学
	3.7 整流电路的有源逆变工作状态		课堂讲授、讨论	讲义教案、多媒体教学
	3.8 整流电路相位控制的实现		课堂讲授、讨论	讲义教案、布置作业
DLDZ-3	<b>第4章 逆变电路</b>		案例引导、课堂讲授	讲义教案、多媒体教学
DLDZ-6	4.1 换流方式			
DLDZ-7	4.2 电压型逆变电路		课堂讲授、仿真讲解	讲义教案、练习和解析
DLDZ-8	4.3 电流型逆变电路		课堂讲授、讨论	讲义教案、多媒体教学
DLDZ-11	4.4 多重逆变电路和多电平逆变电路		翻转课堂、应用举例	课堂讨论、布置作业

DLDZ-3	<b>第 5 章 直流-直流变流电路</b> 5.1 基本斩波电路	案例引导、仿真讲解	讲义教案、练习和解析
DLDZ-6			
DLDZ-7			
DLDZ-8			
DLDZ-11	5.2 复合斩波电路和多相多重斩波电路	课堂讲授、讨论	讲义教案、多媒体教学
DLDZ-11	5.3 带隔离的直流-直流变流电路	课堂讲授、讨论	讲义教案、布置作业
DLDZ-3	<b>第 6 章 交流-交流变流电路</b> 6.1 交流调压电路	案例引导、课堂讲授	讲义教案、多媒体教学
DLDZ-6			
DLDZ-7			
DLDZ-8			
DLDZ-11			
DLDZ-7	6.2 其他交流电力控制电路	课堂讲授、讨论	讲义教案, 例程短视频
DLDZ-8	6.3 交-交变频电路	翻转课堂、应用举例	讲义教案、多媒体教学
DLDZ-11	6.4 矩阵式变频电路	案例引导、课堂讲授	课堂讨论、布置作业
DLDZ-4	<b>第 7 章 PWM 控制技术</b> 7.1 PWM 控制的基本原理	案例引导、课堂讲授	讲义教案、多媒体教学
DLDZ-6			
DLDZ-7			
DLDZ-8			
DLDZ-11			
DLDZ-7	7.2 PWM 逆变电路及其控制方法	课堂讲授、讨论	讲义教案, 多媒体教学
DLDZ-8	7.3 PWM 跟踪控制技术	课堂讲授、讨论	讲义教案、多媒体教学
DLDZ-11	7.4 PWM 整流电路及其控制方法	翻转课堂、应用举例	课堂讨论、布置作业
DLDZ-5	<b>第 8 章 软开关技术</b> 8.1 软开关的基本概念	案例引导、课堂讲授	讲义教案、多媒体教学
DLDZ-6			
DLDZ-11			
DLDZ-11			
DLDZ-6	8.2 软开关电路的分类	课堂讲授、讨论	讲义教案、多媒体教学
DLDZ-11	8.3 典型的软开关电路	课堂讲授、讨论	讲义教案、多媒体教学
DLDZ-11	8.4 软开关技术新进展	翻转课堂、应用举例	课堂讨论、布置作业
DLDZ-1	<b>第 10 章 电力电子技术的应用</b>	团队协作、翻转课堂、自主学习	讨论课
DLDZ-10			
DLDZ-11			
DLDZ-11			

## 5 课程实验教学

本课程提供 7 课程实验, 其中必做 14 学时。实验指导书上的其他实验项目和自主实验项目预约进行, 不计入课程成绩。

### 5.1 实验名称和安排

序号	实验名称	实验类型	学时	教学安排	课程目标
1	全控性电力电子器件的特性及驱动电路实验	验证型	2	必做、实物系统实验	DLDZ-8
2	锯齿波同步移相触发电路实验	验证型	2	必做、实物系统实验	DLDZ-8
3	三相桥式全控整流电路	验证型	2	必做、实物系统实验	DLDZ-8

4	直流斩波电路的性能研究	设计型	2	必做、实物系统实验	DLDZ-8
5	晶闸管单相交流调压电路	验证型	2	必做、实物系统实验	DLDZ-8
6	三相逆变电源实验	综合型	2	必做、实物系统实验	DLDZ-8
7	单相全桥 PWM 逆变电路实验	设计型	2	必做、实物系统实验	DLDZ-8

## 5.2 实验要求和教学组织

实验 1: 全控性电力电子器件的特性及驱动电路实验 (验证型实验)	时间安排: 2 学时
<p><b>实验目的:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 能描述电力电子系统的基本结构;</li> <li>2. 能说明全控型电力电子器件及其驱动电路的工作原理;</li> <li>3. 通过对全控型电力电子器件动态特性的观察, 能从功耗以及开关时间等方面阐述理想器件与实际器件的区别。</li> </ol>	
<p><b>实践能力目标:</b></p> <p>示波器、万用表等工具的使用能力、对实际电力电子电路的调试和分析能力、实验分析能力、团队合作与沟通、表述能力</p>	
<p><b>实验组织:</b></p> <p>每组 2-3 人, 共用一个实验台进行实验操作。 提前阅读实验指导书进行预习, 独立完成实验过程, 观察现象, 记录数据文件, 撰写实验报告。</p>	

实验 2: 锯齿波同步移相触发电路实验 (验证型实验)	时间安排: 2 学时
<p><b>实验目的:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 能准确表述锯齿波移相触发电路的构成;</li> <li>2. 能分析与说明锯齿波移相触发电路各部分的工作原理;</li> <li>3. 能准确表述改变锯齿波斜率、触发脉冲发出时刻的方法以及目的并分析相应电路的工作原理;</li> <li>4. 能准确表述锯齿波移相触发电路在晶闸管整流电路中的作用。</li> </ol>	
<p><b>实践能力目标:</b></p> <p>示波器、万用表等工具的使用能力、对实际电力电子电路的调试和分析能力、实验分析能力、团队合作与沟通、表述能力</p>	

**实验组织:**

每组 2-3 人，共用一个实验台进行实验操作。

提前阅读实验指导书进行预习，独立完成实验过程，观察现象，记录数据文件，撰写实验报告。

实验 3: 三相桥式全控整流电路 (验证型实验)	时间安排: 2 学时
--------------------------	------------

**实验目的:**

1. 能分析三相桥式全控整流电路的工作原理;
2. 能描述与区分三相桥式全控整流电路在电阻负载、阻感负载时的波形特点;
3. 能阐述变压器漏感对整流电路的影响;
4. 能对三相桥式全控整流电路进行谐波分析。

**实践能力目标:**

示波器、万用表等工具的使用能力、对实际电力电子电路的调试和分析能力、实验分析能力、团队合作与沟通、表述能力

**实验组织:**

每组 2-3 人，共用一个实验台进行实验操作。

提前阅读实验指导书进行预习，独立完成实验过程，观察现象，记录数据文件，撰写实验报告。

实验 4: 直流斩波电路的性能研究 (验证型实验)	时间安排: 2 学时
---------------------------	------------

**实验目的:**

1. 能阐述降压斩波电路 (Buck) 的电路结构和工作原理;
2. 能分析降压斩波电路 (Buck) 的工作状态和波形情况;
3. 能阐述升压斩波电路 (Boost) 的电路结构和工作原理;
4. 能分析升压斩波电路 (Boost) 的工作状态和波形情况。

**实践能力目标:**

示波器、万用表等工具的使用能力、对实际电力电子电路的调试和分析能力、实验分析能力、团队合作与沟通、表述能力

**实验组织:**

每组 2-3 人，共用一个实验台进行实验操作。

提前阅读实验指导书进行预习，独立完成实验过程，观察现象，记录数据文件，撰写实验报告。

实验 5: 晶闸管单相交流调压电路 (验证型实验)	时间安排: 2 学时
---------------------------	------------

<b>实验目的:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 能分析单相交流调压电路的工作原理;</li> <li>2. 能阐述单相交流调压电路的不同负载下的输出特性;</li> <li>3. 能掌握测定阻感负载下阻抗角的方法, 小于阻抗角时单相交流调压电路工作波形。</li> </ol>	
<b>实践能力目标:</b>	
示波器、万用表等工具的使用能力、对实际电力电子电路的调试和分析能力、实验分析能力、团队合作与沟通、表述能力	
<b>实验组织:</b>	
<p>每组 2-3 人, 共用一个实验台进行实验操作。</p> <p>提前阅读实验指导书进行预习, 独立完成实验过程, 观察现象, 记录数据文件, 撰写实验报告。</p>	

实验 6: 三相逆变电源实验 (综合型实验)	时间安排: 2 学时
<b>实验目的:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 能分析三相电压源型逆变电路的工作原理;</li> <li>2. 能明确载波比与调制度、单极性调制与双极性调制、异步调制与同步调制的概念, 测试三相交流逆变电路同桥臂上下管的 PWM 死区;</li> <li>3. 能对输出线电压波形进行谐波分析。</li> </ol>	
<b>实践能力目标:</b>	
示波器、万用表等工具的使用能力、对实际电力电子电路的调试和分析能力、实验分析能力、团队合作与沟通、表述能力	
<b>实验组织:</b>	
<p>每组 2-3 人, 共用一个实验台进行实验操作。</p> <p>提前阅读实验指导书进行预习, 独立完成实验过程, 观察现象, 记录数据文件, 撰写实验报告。</p>	

实验 7: 单相全桥 PWM 逆变电路实验 (设计型实验)	时间安排: 2 学时
<b>实验目的:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 能阐述单相全桥 PWM 逆变电路的基本组成和工作原理;</li> <li>2. 能进行单相全桥 PWM 逆变电路的波形分析。</li> </ol>	
<b>实践能力目标:</b>	
示波器、万用表等工具的使用能力、对实际电力电子电路的调试和分析能力、实验分析能力、团队合作与沟通、表述能力	

#### **实验组织:**

每组 2-3 人，共用一个实验台进行实验操作。

提前阅读实验指导书进行预习，独立完成实验过程，观察现象，记录数据文件，撰写实验报告。

### **5.3 实验预习和实验报告要求**

学生需在到实验室进行实验之前进行预习，预习内容应包括与本次实验有关的概念、原理、定理、设计方法等知识点，并写出预习报告。

完成实验后需提交实验报告，验证性实验报告需包含实验目的、要求、实验获得的数据、分析和结论；设计性实验报告需包含实验目的、要求、实验方案设计（及计算过程）、实验测试数据、结果分析和结论。

#### **1、预习成绩评价方法**

通过微信问卷调查考核的方式评价学生的预习成绩

#### **2、实验过程成绩评价方法**

##### **（1）学生实验过程中的表现**

学生在实验过程中的认真程度，从事实验的积极性。

##### **（2）操作情况**

在实验过程是否有操作失误，比如：接线错误，编程错误

学生使用仪器的规范性，是否存在损坏仪器的情况

##### **（3）实验结果验收**

根据实验结果的波形和数据正确与否对学生进行验收，若实验结果正确，进行质疑环节。

##### **（4）质疑结果**

通过一对一地和学生进行交流问答，根据学生的回答正确率，给出适当的评价分数。

#### **3、实验报告成绩**

##### **（1）实验报告的规范性**

实验报告格式正确，术语准确、图表符合规范。

##### **（2）实验数据和实验结果**

实验数据、实验结果以及数据处理正确程度。

(3) 波形说明与分析

波形说明与分析的详细程度与正确程度。

(4) 思考题

思考题的正确程度。

(5) 实验总结

根据实验总结反映的学生实验收获、认真程度进行评价。

#### **5.4 实验教学在能力培养方面的具体措施**

本实验隶属电力电子与电气传动实验室，实验室实行全天开放。实验室提供模块化积木式电力电子实训平台、各种实物电路制作的工具平台以及可完成仿真实验的高性能数字计算机，为学生提供各种场景的实验实践条件。

## 6 课程考核方案和依据

本课程总评成绩由平时成绩和期末考核成绩两部分构成。平时成绩比例 45%。期末考试采用闭卷或者一纸开卷形式，应覆盖 80% 以上课程目标。

### 6.1 课程考核方案

课程各类考核项														
	课程目标	平时作业								课程实验	仿真	讨论课	出勤	期末考试成绩
		作业 1	作业 2	作业 3	作业 4	作业 5	作业 6	作业 7	作业 8					
知识目标	DLDZ-1	10												7
	DLDZ-2													12
	DLDZ-3			15		15								36
	DLDZ-4							10						6
	DLDZ-5													6
能力目标	DLDZ-6		15		15		10		10					33
	DLDZ-7										100			
	DLDZ-8									100				
	DLDZ-9												100	
	DLDZ-10											100		
分数合计		100								100	100	100	100	100
总评占比		5%								15%	10%	10%	5%	55%

## 6.2 课程各考核项评价依据和标准

### 考核项目 1：平时作业

考核方式：作业批改

考核权重：5%

预期学习结果	考核依据	优秀 >90 分	良好 80-90 分	达成 60-80 分	未达成 <60 分
达成本课程目标： DLDZ-1、DLDZ-3、 DLDZ-4、DLDZ-6。  能够按时高质量地完成作业。	作业成绩	高质量地完成作业，不存在迟交作业的情况。	较高质量地完成作业，基本不存在迟交作业的情况。	质量一般地完成作业，偶有迟交作业的现象。	质量较差地完成作业，存在多次迟交作业的现象。

### 考核目标 2：讨论课

考核方式：讨论课学生自评与师生互评

考核权重：10%

预期学习结果	考核依据	优秀 >90 分	良好 80-90 分	达成 60-80 分	未达成 <60 分
达成本课程目标： DLDZ-10。  能够以小组为单位针对电力电子技术的某个专题进行分工协作、组内协调、文献调研以及成果汇报。	讨论课学生自评与师生互评分数	讨论小组中贡献突出、能够在讨论课中很好地回答师生提出的问题。	讨论小组中贡献较突出、能够在讨论课中较好地回答师生提出的问题。	讨论小组中贡献一般、能够在讨论课中回答部分师生提出的问题。	讨论小组中贡献少、不能在讨论课中回答师生提出的问题。

### 考核目标 3：考勤

考核方式：出勤情况统计

考核权重：5%

预期学习结果	考核依据	优秀 >90 分	良好 80-90 分	达成 60-80 分	未达成 <60 分
达成本课程目标： DLDZ-9。  能够按时出席理论课、实验课以及讨论课等教学	平时出勤记录	做到按时上课，不存在旷课的现象。	基本做到按时上课，偶有旷课的现象。	不能够完全做到按时上课，存在一些旷课的现象。	不能够做到按时上课，存在多次旷课的现象。

环节。					
-----	--	--	--	--	--

#### 考核项目 4：课程实验

考核方式：实验操作过程表现和实验报告

考核权重：15%

预期学习结果	考核依据	优秀 >90 分	良好 80-90 分	达成 60-80 分	未达成 <60 分
达成本课程目标： DLDZ-8。  自觉预习实验内容，能够理解实验目的，解释说明实验目的和实验方案的关系；实验过程规范、诚实，爱护实验设备；能够独立完成实验、记录数据；实验结果合理；正确地回答老师的提问；独立提交规范的实验报告和仿真报告；报告中正确绘制曲线或波形，解释实验现象；数据分析方法正确，合乎逻辑；合理回答思考问题，意识到实验结论和实验项目的知识能力目标之间的关系。	课程实验表现和验收质疑情况记录与课程实验报告	按时到课，并且能够按照任务要求和安排自主完成操作；验收通过，正确回答教师质疑；按时、高质量提交报告。报告中体现对实验相关问题的讨论和反思。	按时到课，并且能够按照任务要求和安排顺利完成操作；验收通过，正确回答教师质疑；按时提交报告，完成情况较好。	基本能够按时上课（不超过 1 次不按时上课），经过帮助能够完成实验操作；基本正确回答教师质疑；提交报告，完成情况一般。	不能按时到课，或者大部分实验内容无法完成；不按时提交报告；报告质量差。

#### 考核项目 5：仿真实验

考核方式：仿真实验报告

考核权重：10%

预期学习结果	考核依据	优秀 >90 分	良好 80-90 分	达成 60-80 分	未达成 <60 分

达成本课程目标： DLDZ-8。  能够使用现代化仿真工具对电力电子变换电路进行数学建模、原理验证以及波形分析。	仿真实验报告	能够做到按时提交仿真实验报告；仿真结果正确、波形分析详细无误、报告质量高。	基本能够按时提交仿真实验报告；仿真结果基本正确、波形分析存在较小的问题、报告质量较好。	存在不按时提交仿真实验报告的情况；仿真结果存在若干错误、波形分析存在较大的问题、报告质量一般。	不能够按时提交仿真实验报告；仿真结果存在较明显的错误、波形分析存在很多问题、报告质量差。
---	--------	---------------------------------------	---	---	--

### 考核项目 6：期末考试

考核方式：闭卷考试

考核权重：55%

预期学习结果	优秀 >90 分	良好 80-90 分	达成 60-80 分	未达成 <60 分
达成本课程设置的 5 个知识目标，1 个能力目标： DLDZ-1：电力电子技术的基本概念和工程应用 DLDZ-2：电力电子器件 DLDZ-3：四种电力电子变换电路 DLDZ-4：PWM 控制技术 DLDZ-5：软开关技术 DLDZ-6：电力电子电路分析能力	在试卷中，对各知识单元的掌握程度全面达到预期学习结果，错误率在 10% 以下。	在试卷中，对各知识单元的掌握程度较好达到预期学习结果，错误率在 20% 左右。	在试卷中，对各知识单元的掌握程度基本达到预期学习结果，错误率在 30% 左右。	在讨论和作业中，对各知识单元的掌握程度达不到预期学习结果，错误率在 40% 以上。

## 7 本次修订说明

本大纲在原版本“DG7099811-201912”课程大纲基础上修订。对标最新的工程教育专业认证标准做了以下修改：

- (1) 对大纲条目布局做了修改，教材和学习资源部份并入基本信息；
- (2) 增加了实验教学部分的说明（为 5 课程实验教学增加条目），增加了实验教学环节的考核说明（条目 5.3）；
- (3) 对课程的考核方式、成绩评定的解释方式做了修订（修改条目 6）；
- (4) 增家条目 7 本次修订说明，记录修订改进点。

## 8 其他需要说明的问题

电力电子与电气传动实验室设置有高性能计算机机房、FPGA、机器人等多个开放实验项目，可以开展硬件设计、软件开发、控制算法设计等实践教学内容。学生可根据学习需要在课外活动、开放实验、毕业设计等不同阶段申请利用实验室提供的开放实践平台进一步学习提高，以达到更好的学习效果。