

电气与控制工程学院

## 课程教学大纲

课程名 (COURSE TITLE) :	高电压技术
课程代码 (COURSE CODE) :	7309301
学 分 (CREDIT VALUE) :	2
开课单位 (DEPARTMENT/UNIT) :	电气工程系
版 本 (VERSION) :	DG7309301-202108
课程负责人 (COURSE COORDINATOR) :	景柳铭

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.....	6
3.1 课程学时总体安排.....	6
3.2 各知识单元内容和预期学习目标.....	6
4 课堂教学设计和实施载体.....	10
5 课程实验教学.....	13
5.1 实验名称和安排.....	13
5.2 实验要求和教学组织.....	13
5.3 实验预习和实验报告要求.....	14
5.4 实验教学在能力培养方面的具体措施.....	14
6 课程考核方案和依据.....	14
6.1 课程考核方案.....	14
6.2 课程各考核项评价依据和标准.....	15
7 本次修订说明.....	18
8 其他需要说明的问题.....	18

## 1 课程基本信息

课程名称（中文）	高电压技术					
课程名称（英文）	High Voltage Technique					
课程计划学时	32		课外学时建议		32	
计划学时构成	理论学时	28	实验学时	4	上机学时	0
课外学时要求	线上学习要求：4		自主学习建议学时：28			
先修课名称	(7021241) 电路分析Ⅲ、(7210811) 工程电磁场、(7211751) 电气专业导论					
适用专业年级	电气工程及其自动化					
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选修课，开设于第6学期。本课程为学生从事电气工程领域的研究奠定基本的理论基础，让本专业的学生了解高电压技术在电气工程学科的地位和作用、理解各种电介质的绝缘特性与电气强度知识，熟悉电力系统波过程基本原理，掌握电力系统过电压及防护的计算方法。本课程注重平时考核和期末考试相结合，理论知识和实验验证相结合，全面考核学生掌握知识、运用知识和实践解决问题的能力。课程学习以课堂教学与自主学习为主要手段，期末考核形式为笔试闭卷。</p>					
教材和学习资源	<p><b>基础资料：</b>            (1) 《高电压技术》(第2版)，吴广宁 张冠军 刘刚主编，机械工业出版社，2017，ISBN号：978-7-111-45179-2</p> <p><b>参考资料：</b>            (1) 《高电压工程》(第2版)，梁曦东 周远翔 曾嵘主编，清华大学出版社，2015，ISBN号：978-7-302-39279-8            (2) 《高电压绝缘技术》(第3版)，严璋 朱德恒主编，中国电力出版社，2015，ISBN号：978-7-512-37564-2            (3) High-Voltage Engineering and Testing, Hugh M. Ryan, 2013, ISBN: 978-1-8491-9263-7</p>					
大纲版本号	DG7309301-202108		前一版本号		DG7309301-201912	
大纲修订人	景柳铭		修订时间		2021.08	

课程团队负责人	景柳铭	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 2019 版培养方案为本课程设置了 1 个观测点，具体如下：

(1) 毕业要求观测点 1-5：面向电力电子与电力传动和电力系统及其自动化专业方向，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。

### 2.2 课程目标

根据电气专业毕业要求观测点，本课程设置了 4 个知识目标，3 个能力目标（简称：GDYJS-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：

#### **GDYJS-1：电介质的绝缘特性及电气强度**

掌握并能解释、描述各种电介质的绝缘特性；了解不同电压作用下不均匀电场的放电特征；掌握电介质极化的原因；掌握电介质的击穿过程原理；理解电气强度的概念；掌握提高抗电强度的方法。

#### **GDYJS-2：电气设备的绝缘预防性试验**

理解电介质的电老化、热老化原因；了解泄漏电流试验的特点，掌握泄漏电流变化曲线的特性；了解介质损耗角正切的作用，理解西林电桥的基本原理；了解局部放电跟介质损耗的关系。

#### **GDYJS -3：电力系统波过程的基本原理**

掌握并能解释电压行波和电流行波的产生原因；掌握波速和  $z$  波阻抗的关系式；理解折射系数和反射系数的关系式；了解行波多次折反射的推导。过程。

#### **GDYJS -4：电力系统过电压防护及绝缘配合**

理解雷电的放电过程和性质，掌握雷电过电压的计算方法；了解各种防雷保护装置的作用、保护原理和适用的保护对象，理解各个保护装置保护范围的计算方法；了解内部过电压的分类和性质特点，理解切断空载线路过电压的发展过程，掌握其影响因素和降压措施；了解绝缘配合的根本任务，理解绝缘配合的发展过程，掌握中性点接地方式对过电压水平和绝缘水平的影响，了解在不同过电压下绝缘配合惯用的方式。

#### **能力目标：**

##### **GDYJS -5：电力系统高电压问题分析能力**

掌握电力设备绝缘性能、试验方法，能分析电力设备、输电线路的过电压现象，掌握相应的防护方法，获得解决相应问题的能力。

##### **GDYJS -6：现代仿真工具使用能力**

能使用全数字仿真工具实现高电压现象的仿真，实现绝缘破坏和过电压现象仿真，能根据实验步骤操作实验装置，安全有效地开展高电压技术相应实验，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，得出合理有效的结论。

##### **GDYJS -7：自学与自律能力**

能保证出勤，按时完成作业，按时线上学习任务和课程自学内容，善于时间管理。

#### **思政目标：**

##### **GDYJS -8：课程思政与课程教学高质量融合**

结合“高电压技术”课程的特点，从国内外现状分析、能力培养和服务社会三个方面全面推进课程思政建设，深入挖掘思政元素，实现课程思政与课程教学的高质量融合。在讲授专业知识的同时，围绕“双碳目标”及“一带一路”的战略构想，结合我国特高压电网的发展，介绍我国输电线路电压等级的发展过程，在此过程中理解和领会我国特高压电网由“追随”到“引领”的过程，培养爱国主义情怀和民族自豪感，激发行业荣誉感，坚定道路自信。介绍我国提出的洲际特高压联网计划，让学生直观体会到打造人类命运共同体的重要性。通过对电介质的击穿特性、避雷设备的保护范围计算等内容的学习，培养严谨的科学态度，增强安全意识，并在学习中能培养考虑社会、环境和安全等因素的能力。通过对

过电压防护和绝缘配合的学习，能够具有人文社会科学素养、社会责任感，能够在工程实践中理解并遵守工程职业道德和规范，履行责任。培养学生爱国、吃苦、勇于创新、积极向上的专业精神，入主流，为祖国特高压电力事业增光添彩，立志成长为电力行业的中流砥柱。

### 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	0.1	GDYJS -1: 电介质的绝缘特性及电气强度	25%
			GDYJS -2: 电气设备的绝缘预防性试验	25%
			GDYJS -3: 电力系统波过程的基本原理	25%
			GDYJS -4: 电力系统过电压防护及绝缘配合	25%

## 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：28/4/0/32

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
28	28	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	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 8 章，配有 4 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	学习内容和预期结果	课程目标	学时	
章、节、点			课内	课外

<p>第1章</p> <p>绪论</p> <p>1.1 高电压技术课程地位</p> <p>1.2 高电压技术的发展</p> <p>1.3 高电压下典型现象与研究简述</p> <p>1.4 高电压技术发展前景</p>	<p><b>学习内容:</b> 高电压技术课程的地位、基本内容。</p> <p><b>预期结果:</b></p> <p>(1) 能<b>识记和复述:</b> 高电压技术课程研究对象。</p> <p>(2) 能<b>解释和举例:</b> 高电压条件下电气设备的典型现象。</p>	<p>GDYJS-1</p> <p>GDYJS-8</p>	<p>2</p>	<p>2</p>
<p>第2章</p> <p>气体放电的基本物理过程</p> <p>2.1 带电粒子的产生与消失</p> <p>2.2 汤逊理论与巴申定理</p> <p>2.3 气体放电的流注理论</p> <p>2.4 不均匀电场中的放电过程</p> <p>2.5 放电时间和冲击电压下的气隙击穿</p>	<p><b>学习内容:</b> 气体中带电粒子的产生与消失, 电子崩的产生原理, 高电压、长气隙的若干因素对气体放电的影响, 不均匀电场中的放电特征, 放电时间的影响因素。</p> <p><b>预期结果:</b></p> <p>(1) 能<b>识记和复述:</b> 电子崩的产生原理, 碰撞电离系数与气温、平均自由行程长度的关系。</p> <p>(2) 能<b>解释和举例:</b> 气体中带电粒子产生、运动、消失的过程和条件。</p>	<p>GDYJS-1</p> <p>GDYJS-5</p>	<p>4</p>	<p>4</p>
<p>第3章</p> <p>气体介质的电气强度</p> <p>3.1 均匀和稍不均匀电场气隙的击穿特性</p> <p>3.2 极不均匀电场气隙的击穿特性</p> <p>3.3 大气条件对气隙击穿特性的影响及校正</p> <p>3.4 提高气体介质电气强度的方法</p> <p>3.5 六氟化硫和气体绝缘电气设备</p>	<p><b>学习内容:</b> 均匀、稍不均匀、极不均匀电场气隙的击穿特性, 大气条件对于击穿特性的影响, 提高气体介质电气强度的方法, 六氟化硫的击穿特性, 气体绝缘电气设备的优缺点。</p> <p><b>预期结果:</b></p> <p>(1) 能<b>识记和复述:</b> 不同电压作用下电场气隙的击穿特性, 大气条件对于气隙击穿特性的校正方法。</p> <p>(2) 能<b>理解和解释:</b> 提高气体介质电气强度的方法。</p>	<p>GDYJS-1</p> <p>GDYJS-5</p>	<p>4</p>	<p>4</p>

<p>第 4 章</p> <p>液体和固体介质的电气特性</p> <p>4.1 液体和固体介质的极化、电导和损耗</p> <p>4.2 液体介质的击穿</p> <p>4.3 固体介质的击穿</p> <p>4.4 组合绝缘的电气强度</p>	<p><b>学习内容:</b> 电介质极化的原因、分类、影响因素, 液体介质的击穿理论及特点, 变压器油击穿电压的因素和提高方法, 固体介质的击穿理论与影响因素, 组合绝缘的主要形式。</p> <p><b>预期结果:</b></p> <p>(1) 能<b>识记和复述:</b> 电介质电导的产生原因和分类方法, 电介质损耗的概念和等值电路。</p> <p>(2) 能<b>理解和解释:</b> 介电常数的大小与极化的关系, 电介质损耗的概念, 电介质的等值电路。</p>	<p>GDYJS-1</p> <p>GDYJS-5</p>	4	4
<p>第 5 章</p> <p>电气绝缘在线检测</p> <p>5.1 绝缘的老化</p> <p>5.2 绝缘电阻、吸收比和泄露电流的测量</p> <p>5.3 介质损耗角正切的测量</p> <p>5.4 局部放电在线检测</p> <p>5.5 电压分布的测量</p> <p>5.6 绝缘状态的综合</p>	<p><b>学习内容:</b> 电介质老化原因及影响因素, 双层介质的吸收现象, 介质损耗角正切的作用, 局部放电跟介质损耗的关系, 局部放电的检测方法, 电压分布测量与绝缘的关系。</p> <p><b>预期结果:</b></p> <p>(1) 能<b>识记和复述:</b> 电介质的电老化、热老化原因, 以及其他影响老化的因素, 西林电桥的基本原理, 介质损耗角正切测量的影响因素, 表征局部放电的重要参数, 局部放电的检测方法。</p> <p>(2) 能<b>理解和解释:</b> 吸收比的测量方法, 局部放电与介质损耗的关系, 电压分布测量与绝缘的关系。</p>	<p>GDYJS -2</p> <p>GDYJS -5</p>	4	4
<p>第 6 章</p> <p>输电线路和绕组中的波过程</p> <p>6.1 波沿均匀无损单导线的传播</p> <p>6.2 行波的折射和反射</p>	<p><b>学习内容:</b> 过电压波形成原因及特点, 电压电流行波的关系, 均匀无损单导线上传播的波过程, 行波折反射的原因, 折反射系数的关系式, 彼得逊法则的含义, 有损线路、变压器绕组、旋转电机中的波过程。</p>	<p>GDYJS -3</p> <p>GDYJS -5</p> <p>GDYJS -8</p>	4	4



<p>6.3 波在多导线系统中的传播</p> <p>6.4 波在有损线路上的传播</p> <p>6.5 变压器绕组中的波过程</p> <p>6.6 旋转电机绕组中的波过程</p>	<p><b>预期结果:</b></p> <p>(1) 能够<b>识记和复述</b>: 电压电流前行波、反行波的关系, 折射系数和反射系数的关系式, 波穿过电感和旁过电容后的变化, 线路参数对过电压波的影响。</p> <p>(2) 能<b>理解 and 解释</b>: 均匀无损单导线上传播的波过程, 彼得逊法则的含义及其参数等值电路的化简, 波在多导线系统中传播时的感应问题。</p> <p>(3) <b>熟练掌握</b>: 波速、波阻抗的关系式及其性质特点, 波多次折反射的推导过程。</p>			
<p>第7章 雷电放电及防雷保护装置</p> <p>7.1 雷电放电和雷电过电压</p> <p>7.2 防雷保护装置</p> <p>7.3 电力系统防雷保护</p> <p>7.4 接地的原理</p>	<p><b>学习内容:</b> 雷电的放电过程和性质, 雷电放电的计算模型, 感性雷电过电压的形成原因和计算式, 防雷保护装置的作用、保护原理和适用的保护对象, 各个保护装置保护范围的计算方法, 防雷接地电阻的计算方法。</p> <p><b>预期结果:</b></p> <p>(1) 能够<b>识记和复述</b>: 雷云的形成原因, 雷电的放电过程, 防雷保护装置的作用, 各代避雷器的保护原理, 防雷接地的重要性。</p> <p>(2) <b>方法应用和数学计算</b>: 应用雷电放电的计算模型, 了解雷电过电压的计算式, 进行雷电过电压计算, 掌握接地电阻的计算, 实现防雷设计。</p>	<p>GDYJS -4</p> <p>GDYJS -5</p> <p>GDYJS -8</p>	<p>2</p>	<p>2</p>
<p>第8章 内部过电压与绝缘配合</p> <p>8.1 切除空载线路过电压</p> <p>8.2 空载线路合闸过电压</p> <p>8.3 切除空载变压器过电压</p>	<p><b>学习内容:</b> 内部过电压的分类和性质特点, 空载线路切除与合闸过电压的发展过程、影响因素和降压措施, 断续电弧接地过电压的发展过程及其防护措施, 工频电压升高的产生机理和降压措施, 绝缘配合的基本概念, 中性点接地方式对绝缘水平的影响, 架空输电线路的绝缘配合, 绝缘配合</p>	<p>GDYJS -4</p> <p>GDYJS -5</p> <p>GDYJS -8</p>	<p>4</p>	<p>4</p>

8.4 断续电弧接地过电压	惯用法。		
8.5 工频电压升高	<b>预期结果:</b>		
8.6 谐振过电压	(1) 能够 <b>识记和复述</b> : 切断空载线路过电压的发展过程, 引起工频电压升高的原因, 谐振过电压		
8.7 绝缘配合的基本概念	的类型, 绝缘配合的发展, 不同电压等级下绝缘配合惯用的方式。		
8.8 绝缘配合惯用法	(2) 能 <b>理解 and 解释</b> : 中性点接地方式对过电压水平和绝缘水平的影响, 绝缘子串的选择原则, 空气间隙的选择原则。		
	(3) <b>熟练掌握</b> : 谐振过电压的电路图的化简及特性曲线的形成。		

#### 4 课堂教学设计和实施载体

本课程教学采用 Powerpoint、MATLAB 仿真、MOOC 线上教学平台、翻转课堂、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。

课下学习采用课后作业和 MOOC 线上视频教学相结合的方式。。

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。课程深入挖掘理论与现场实际结合的因素, 例如从电晕放电现象出发, 重点理解电晕放电的物理过程, 电晕放电的不良生态效应、抑制措施及积极的工程意义; 结合电晕放电产生的无线电干扰、噪声等不良生态效应, 要培养学生能具有环境意识, 树立环保观念; 对于电晕放电的积极意义, 要学会全面分析, 认识到事物的两面性, 凡事有两面性, 看事物要用发展的眼光, 全面分析利弊, 以便权衡得失, 这就是马克思主义哲学的辩证思维方式。鼓励同学们通过知识的学习, 努力改善优化现有科学技术, 成为符合新时代要求的工程技术人员, 学生要肩负起使命, 为国家攻坚克难, 在祖国的大地上发光发热。

课程目标	知识单元		学习场景/教学模式	实施载体
	章	节/目		
GDYJS-1 GDYJS-8	第1章 绪论		课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频
	1.1 高电压技术课程地位			
	1.2 高电压技术的发展			
	1.3 高电压下典型现象与研究简述			
	1.4 高电压技术发展前景			
GDYJS-1 GDYJS-5	第2章 气体放电的基本物理过程		课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频
	2.1 带电粒子的产生与消失			
	2.2 汤逊理论与巴申定理			
	2.3 气体放电的流注理论			
	2.4 不均匀电场中的放电过程			
	2.5 放电时间和冲击电压下的气隙击穿			
GDYJS-1 GDYJS-5	第3章 气体介质的电气强度		课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频
	3.1 均匀和稍不均匀电场气隙的击穿特性			
	3.2 极不均匀电场气隙的击穿特性			
	3.3 大气条件对气隙击穿特性的影响及校正			
	3.4 提高气体介质电气强度的方法			
	3.5 六氟化硫和气体绝缘电气设备			
GDYJS-1 GDYJS-5	第4章 液体和固体介质的电气特性		课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频、 随堂练习
	4.1 液体和固体介质的极化、电导和消耗			
	4.2 液体介质的击穿			
	4.3 固体介质的击穿			
	4.4 组合绝缘的电气强度			
GDYJS -2 GDYJS -5	第5章 直流调速系统的数字控制		课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频
	5.1 绝缘的老化			
	5.2 绝缘电阻、吸收比和泄露电流的测量			

	5.3 介质损耗角正切的测量	课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频
	5.4 局部放电在线检测	课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频
	5.5 局部放电在线检测	课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频
	5.6 电压分布的测量	课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频
	5.7 绝缘状态的综合	课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频
GDYJS -3 GDYJS -5 GDYJS -8	第 6 章 输电线路和绕组中的波过程 6.1 波沿均匀无损单导线的传播	课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频、 习题讲解
	6.2 行波的折射和反射	课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频
	6.3 波在多导线系统中的传播	课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频
	6.4 波在有损线路上的传播	课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频
	6.5 变压器绕组中的波过程	课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频
	6.6 旋转电机绕组中的波过程	课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频
GDYJS -4 GDYJS -5 GDYJS -8	第 7 章 雷电放电及防雷保护装置 7.1 雷电放电和雷电过电压	课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频、 随堂练习
	7.2 防雷保护装置	课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频
	7.3 电力系统防雷保护	课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频
	7.4 接地的原理	课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频
GDYJS -4 GDYJS -5 GDYJS -8	第 8 章 内部过电压与绝缘配合 8.1 切除空载线路过电压	课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频
	8.2 空载线路合闸过电压		
	8.3 切除空载变压器过电压	课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频
	8.4 断续电弧接地过电压	课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频
	8.5 工频电压升高	课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频
	8.6 谐振过电压	课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频
	8.7 绝缘配合的基本概念	课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频、 习题讲解
	8.8 绝缘配合惯用法	课堂讲授、翻转课堂	讲义教案、MOOC 视频

## 5 课程实验教学

本课程提供 2 个课程实验，其中必做 4 学时。

### 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	双闭环直流调速系统实验	验证性	2	必做、仿真实验	GDYJS-6
2	三相异步电动机变压变频调速系统实验	验证性	2	必做、仿真实验	GDYJS-6

### 5.2 实验要求和教学组织

实验 1: 基于 MATLAB/simulink 的局部放电仿真 (验证性实验)	时间安排: 2 学时
<p><b>实验目的:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 能理解局部放电的物理过程和破坏规律。</li> <li>2. 能阐述局部放电机理。</li> <li>3. 能利用 MATLAB 进行仿真中变量的修改, 并对实验结果进行分析。</li> </ol>	
<p><b>实践能力目标:</b></p> <p>分析建模能力、仿真软件使用能力、实验分析能力</p>	
<p><b>实验组织:</b></p> <p>每组 1 人, 使用一台计算机进行实验操作。</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 2: 基于 MATLAB/simulink 的切除空载长线过电压仿真 (验证性实验)	时间安排: 2 学时
<p><b>实验目的:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. 能阐述切除空载长线过电压的过程。</li> <li>5. 能够调整仿真参数, 控制电弧的重燃过程。</li> <li>6. 能理解电弧重燃和过电压的关系, 调整相应参数, 控制过电压的等级。</li> </ol>	
<p><b>实践能力目标:</b></p> <p>分析建模能力、仿真软件使用能力、实验分析能力</p>	

#### 实验组织:

每组 1 人, 使用一台计算机进行实验操作。

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。

### 5.4 实验教学在能力培养方面的具体措施

本实验隶属电力系统继电保护实验室, 主要实验方法是计算机仿真, 同时配备了电力系统综合实验台, 可为学生提供电力系统高电压仿真实验、电力系统运行、继电保护验证等创新开放实验, 为各类大学生科技竞赛及自主创新设计提供实验平台。

## 6 课程考核方案和依据

本课程注重平时考核和期末考试相结合, 理论知识和实践能力相结合, 全面考核学生掌握知识、运用知识和实践解决问题的能力。完成平时的作业、实验、参与课堂讨论是参加考试的必要条件。期末考核形式为笔试闭卷, 考核内容应覆盖 80% 以上的基本内容和基本要求。总成绩以百分制计算, 平时成绩 30%+ 期末考试成绩 70%。平时成绩由实验、线上学习与作业、课堂表现等部分组成: 课内实验占总成绩的 15%, 课程作业占总成绩的 10%, 课堂表现占总成绩的 5%。

### 6.1 课程考核方案

课程目标	课程各类考核项							
	课程作业					课程实验	课堂表现、线上学习	期末考试成绩
	作业 1	作业 2	作业 3	作业 4	作业 5			

知识目标	GDYJS -1	100							20
	GDYJS -2		100						25
	GDYJS -3			100					25
	GDYJS -4				100				20
能力目标	GDYJS -5					100			10
	GDYJS -6						100		
	GDYJS -7							100	
分数合计		100	100	100	100	100	100	100	100
总评占比		2%	2%	2%	2%	2%	15%	5%	70%
		10%							

## 6.2 课程各考核项评价依据和标准

### 考核项目 1：课堂表现、线上学习

考核方式：课堂互动、考勤、线上学习

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
GDYJS -7：能保证出勤，按时完成作业，按时线上学习任务和课程自学内容，善于时间管理。	课堂互动次数；出勤记录；线上学习进度记录。	课堂互动次数成绩、出勤记录成绩、线上学习进度成绩三项之和平均成绩 >90分。	课堂互动次数成绩、出勤记录成绩、线上学习进度成绩三项之和平均成绩在 80-90分之间。	课堂互动次数成绩、出勤记录成绩、线上学习进度成绩三项之和平均成绩在 60-80分之间。	课堂互动次数成绩、出勤记录成绩、线上学习进度成绩三项之和平均成绩 <60分。

### 考核项目 2：课程作业

考核方式：直流调速线上测验、交流调速线上测验

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
GDYJS-1：掌握并能解释、描述各种电介质的绝缘特性；了解不同电压作用下不均匀电场的放电特征；掌握电介质极化的原因；掌握电介质的击穿过程原理；理解电气强度的概念；掌握提高	课程作业的成绩之和	课程作业的成绩之和 >90分。	课程作业的成绩之和在 80-90分之间。	课程作业的成绩之和在 60-80分之间。	课程作业的成绩之和 <60分。

<p>抗电强度的方法。</p> <p>GDYJS-2：理解电介质的电老化、热老化原因；了解泄漏电流试验的特点，掌握泄漏电流变化曲线的特性；了解介质损耗角正切的作用，理解西林电桥的基本原理；了解局部放电跟介质损耗的关系。</p> <p>GDYJS -3：掌握并能解释电压行波和电流行波的产生原因；掌握波速和 <math>z</math> 波阻抗的关系式；理解折射系数和反射系数的关系式；了解行波多次折反射的推导。过程。</p> <p>GDYJS -4：理解雷电的放电过程和性质，掌握雷电过电压的计算方法；了解各种防雷保护装置的作用、保护原理和适用的保护对象，理解各个保护装置保护范围的计算方法；了解内部过电压的分类和性质特点，理解切断空载线路过电压的发展过程，掌握其影响因素和降压措施；了解绝缘配合的根本任务，理解绝缘配合的发展过程，掌握中性点接地方式对过电压水平和绝缘水平的影响，了解在不同过电压下绝缘配合惯用的方式。</p> <p>GDYJS -5：掌握电力设备绝缘性能、试验方法，能分析电力设备、输电线路的过电压现象，掌握相应的防护方法，获得解决相应问题的能力。</p>					
---	--	--	--	--	--

### 考核项目 3：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
GDYJS -6: 能使用全数字仿真工具实现高电压现象的仿真, 实现绝缘破坏和过电压现象仿真, 能根据实验步骤操作实验装置, 安全有效地开展高电压技术相应实验, 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, 得出合理有效的结论。	实验表现和验收质疑情况记录, 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。课程实验平均成绩>90分。	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。课程实验平均成绩在80-90分之间。	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。在60-80分之间。	不能按时到课, 或者大部分实验内容无法完成。课程实验平均成绩<60分。

#### 考核项目 4: 期末考试

考核方式: 闭卷考试

考核权重: 70%

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
<p>GDYJS-1: 掌握并能解释、描述各种电介质的绝缘特性; 了解不同电压作用下不均匀电场的放电特征; 掌握电介质极化的原因; 掌握电介质的击穿过程原理; 理解电气强度的概念; 掌握提高抗电强度的方法。</p> <p>GDYJS-2: 理解电介质的电老化、热老化原因; 了解泄漏电流试验的特点, 掌握泄漏电流变化曲线的特性; 了解介质损耗角正切的作用, 理解西林电桥的基本原理; 了解局部放电跟介质损耗的关系。</p> <p>GDYJS -3: 掌握并能解释电压行波和电流行波的产生原因; 掌握波速和 <math>z</math> 波阻抗的关系式; 理解折射系数和反射系数的关系式; 了解行波多次折反射的推导。过程。</p> <p>GDYJS -4: 理解雷电的放电过程和性质, 掌握雷电过电压的计算方法; 了解各种防雷保护装置的作用、保护原理和适用的保护对象, 理解各个保护装置保护范围的计算方法; 了解内部过电压的分类和性质特点, 理解切断空载线路过电压的发展过程, 掌握其影响因素和降压措施; 了解绝缘配合的根本任务, 理解绝缘配合的发展过程, 掌握中性</p>	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。	在试卷中, 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。

<p>点接地方式对过电压水平和绝缘水平的影响，了解在不同过电压下绝缘配合惯用的方式。</p> <p>GDYJS -5：掌握电力设备绝缘性能、试验方法，能分析电力设备、输电线路的过电压现象，掌握相应的防护方法，获得解决相应问题的能力。</p>				
--	--	--	--	--

## 7 本次修订说明

本大纲在原版本“DG7309301-201912”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，增加了实验教学环节的考核说明；
- (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) 增加条目 7 本次修订说明，记录修订改进点。

## 8 其他需要说明的问题

电力系统继电保护实验室建立了电力系统仿真实验平台，融入多样化设计和创新思想，支持创新多元化综合实验开展。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实验平台进一步学习提高，以达到更好的学习效果。