

《电力系统暂态分析》课程教学大纲

课程基本信息 (Course Information)					
*课程代码 (Course Code)	EE3308	*学时 (Credit Hours)	32	*学分 (Credits)	2
*课程名称 (Course Name)	电力系统暂态分析				
	Power System Transient Analysis				
课程性质 (Course Type)	专业必修课				
授课对象 (Audience)	电气工程及其自动化专业，本科大三				
授课语言 (Language of Instruction)	中文				
*开课院系 (School)	电子信息与电气工程学院电气工程系				
先修课程 (Prerequisite)	基本电路理论，电机学，电气工程基础				
授课教师 (Instructor)	严正、王杰、王承民、曼苏乐、舒德兀	课程网址 (Course Webpage)			
*课程简介 (Description)	<p>本课程是“电气工程及其自动化专业”的专业方向课程。通过对电力系统电磁暂态和机电暂态过程的教学，使学生对电力系统受到扰动后的物理过程有所了解，并能计算简单系统的暂态过程，增强对电力系统动态特性的认识，了解提高电力系统运行稳定性的基本方法。</p> <p>本课程讲授的主要内容包括：主要教学内容为电力系统故障分析的基本知识、故障概述、标幺制、无限大功率电源供电的三相短路电流分析；同步发电机突然三相短路分析、物理过程及短路电流的近似分析、基本方程、参数及等值电路、应用同步发电机基本方程（拉氏运算形式）分析突然三相短路电流自动调节励磁装置对短路电流的影响、电力系统稳定性问题概述和各元件机电特性、同步发电机组的机电特性、自动调节励磁系统的作用原理和数学模型；电力系统静态稳定、负荷的静态稳定、小干扰法分析简单系统静态稳定、自动调节励磁系统对静态稳定的影响、提高系统静态稳定性的措施电力系统暂态稳定、简单系统的暂态稳定性、发电机组自动调节系统对暂态稳定的影响、提高暂态稳定性的措施等。</p> <p>通过本课程教学，培养学生分析和解决工程问题的能力，应用数学方法和计算机数值算法解决电力系统工程问题的方法，为进一步学习其他专业课程打下必要的基础。</p>				

<p>*课程简介 (Description)</p>	<p>This course is a basic undergraduate course for electrical engineering and automation engineering, and it can also be used as an electrical engineering course.</p> <p>The main teaching contents are the basic knowledge of power system fault analysis, fault summarization, per unit system, and analysis of three phase short circuit current of infinite power supply; Analysis of sudden three-phase short circuit of synchronous generator, approximate analysis of physical process and short circuit current, basic equations, parameters and equivalent circuits, analysis of the influence of the sudden three phase short circuit current automatic adjustment excitation device on short circuit current by the application of basic equations of synchronous generators (Laplace form), overview of power system stability and electromechanical characteristics of various components, the electromechanical characteristics of synchronous generator, the principle and mathematical model of the automatic regulation excitation system; Static stability of power system, static stability of load, analysis of static stability by small interference method, influence of static stability with automatic regulation of excitation system, and static stability of the system, measures to improve static stability of the system, transient stability of power system, transient stability of simple system, the influence of transient stability with automatic regulation system of generator set and measures to improve transient stability.</p> <p>The teaching goal is centered on the three main lines of structure, reaction and application to train students to understand the basic principles of electrical engineering and the way of thinking and research methods of electrical workers.</p>											
<p>课程目标与内容 (Course objectives and contents)</p>												
<p>*学习目标 (Learning Outcomes)</p>	<p>通过对电力系统电磁暂态和机电暂态过程的教学，到达以下课程目标：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 学习和掌握电力系统故障分析和暂态与稳态分析的计算方法，学会阅读相关说明文档，并加以分析整理。(C5; 支撑毕业要求 2.问题分析, 3.设计/开发解决方案) 2. 学习发电机突然三相短路分析、物理过程及短路电流的近似分析，应用同步发电机基本方程（拉氏运算形式）分析突然三相短路电流，培养学生自学能力。(C5; 支撑毕业要求 2.问题分析) 3. 通过学习了解同步发电机组的机电特性、掌握自动调节励磁系统的作用原理使用方法，学会并实践利用自动调节励磁装置对短路电流的影响综合解决复杂问题。(B2,B4; 支撑毕业要求 6. 工程与社会) 4. 通过学习小干扰法分析简单系统静态稳定、自动调节励磁系统对静态稳定的影响，简单系统的暂态稳定性、发电机组自动调节系统对暂态稳定的影响，以便解决实际工程上遇到的问题。(B2,B4; 支撑毕业要求 6. 工程与社会) 5. 联系所学专业，利用动模试验模拟解决实际工程上遇到的问题，培养学生创新意识。(B2,B4,C5; 支撑毕业要求 5. 使用现代工具, 6. 工程与社会) 											
<p>*毕业要求指标点（见附表）与课程目标的对应关系</p>	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">课程目标</th> <th style="text-align: center;">毕业要求指标点</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>课程目标 1 课程目标 2</td> <td>2. 问题分析：能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，识别、表达、并通过文献研究分析复杂工程问题，以获得有效结论。</td> </tr> <tr> <td>课程目标 1</td> <td>3. 设计/开发解决方案：能够设计针对复杂工程问题的解决方案，设计满足特定需求的系统、单元（部件）或工艺流程，并能够在设计环节中体现创新意识，解决方案综合考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素。</td> </tr> <tr> <td>课程目标 3 课程目标 4 课程目标 5</td> <td>6. 工程与社会：能够基于电气工程专业知识合理分析评价工程实践和复杂工程问题的解决方案对社会、健康、安全、法律以及文化的影响，理解应承担的责任。能够理解和评价针对复杂工程问题的工程实践对环境、社会可持续发展的影响。</td> </tr> <tr> <td>课程目标 5</td> <td>5. 使用现代工具：能够基于科学原理并采用科学方法对复杂工程问题开展</td> </tr> </tbody> </table>	课程目标	毕业要求指标点	课程目标 1 课程目标 2	2. 问题分析 ：能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，识别、表达、并通过文献研究分析复杂工程问题，以获得有效结论。	课程目标 1	3. 设计/开发解决方案 ：能够设计针对复杂工程问题的解决方案，设计满足特定需求的系统、单元（部件）或工艺流程，并能够在设计环节中体现创新意识， 解决方案综合 考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素。	课程目标 3 课程目标 4 课程目标 5	6. 工程与社会 ：能够基于电气工程专业知识合理分析评价工程实践和复杂工程问题的解决方案对社会、健康、安全、法律以及文化的影响，理解应承担的责任。能够理解和评价针对复杂工程问题的工程实践对环境、社会可持续发展的影响。	课程目标 5	5. 使用现代工具 ：能够基于科学原理并采用科学方法对复杂工程问题开展	
课程目标	毕业要求指标点											
课程目标 1 课程目标 2	2. 问题分析 ：能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，识别、表达、并通过文献研究分析复杂工程问题，以获得有效结论。											
课程目标 1	3. 设计/开发解决方案 ：能够设计针对复杂工程问题的解决方案，设计满足特定需求的系统、单元（部件）或工艺流程，并能够在设计环节中体现创新意识， 解决方案综合 考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素。											
课程目标 3 课程目标 4 课程目标 5	6. 工程与社会 ：能够基于电气工程专业知识合理分析评价工程实践和复杂工程问题的解决方案对社会、健康、安全、法律以及文化的影响，理解应承担的责任。能够理解和评价针对复杂工程问题的工程实践对环境、社会可持续发展的影响。											
课程目标 5	5. 使用现代工具 ：能够基于科学原理并采用科学方法对复杂工程问题开展											

	<p>研究。研究过程中能够熟练能够使用现代工程工具、信息技术工具和其它资源，对复杂的工程问题进行模拟和预测分析。结合科学研究和工程实践，客观准确分析与解释数据，并通过信息综合得到合理有效的结论。</p>																																																							
<p>*教学内容、进度安排 及对应课程目标 (Class Schedule & Course Objectives)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>进 度</th> <th>日期</th> <th>节 次</th> <th>内 容</th> <th>课 程 目 标</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2020年3月2日</td> <td>周一 1-2</td> <td>电力系统故障分析，暂态分析概述，电力系统标幺制，拉氏变换，单机-无穷大系统对称故障分析。</td> <td>目标1：电力系统受到扰动后的物理过程</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2020年3月5日</td> <td>周四 3-4</td> <td>故障电流波形分析，短路电流实用算法及冲击电流计算，同步电机基本物理结构。</td> <td>目标1：电力系统受到扰动后的物理过程</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2020年3月9日</td> <td>周一 1-2</td> <td>同步电机物理模型，双反应理论。同步电机突然三相短路情况下，电磁暂态过程物理分析，各绕组的短路电流分析，同步电机主要参数，电势平衡方程，稳态相量图。</td> <td>目标2：增强对电力系统动态特性的认识</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>2020年3月12日</td> <td>周四 3-4</td> <td>基于物理的突然三相短路全电流表达式（有名值），短路过程磁通变化，基于物理的暂态电势及次暂态电势、暂态电抗及次暂态电抗。</td> <td>目标2：增强对电力系统动态特性的认识</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>2020年3月16日</td> <td>周一 1-2</td> <td>abc坐标下同步电机基本方程，Park变换及dq坐标下的Park方程，Park方程的拉氏形式，突然三相短路情况下，基于叠加原理的短路电流分析。</td> <td>目标2：电力系统受到扰动后的物理过程；培养学生分析与解决工程问题的能力</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>2020年3月19日</td> <td>周四 3-4</td> <td>基于超导体特性的同步电机Park方程求解，暂态及次暂态电势，暂态及次暂态电抗，短路电流时间常数，电抗及时间常数等值电路。</td> <td>目标3：增强对电力系统动态特性的认识；培养学生分析与解决工程问题的能力</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>2020年3月23日</td> <td>周一 1-2</td> <td>突然三相短路的全电流表达式（标幺值），转子绕组故障电流计算，强行励磁对短路电流的影响分析。</td> <td>目标3：掌握电力系统稳定性分析的基本方法</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>2020年3月26日</td> <td>周四 3-4</td> <td>突然三相短路计算复习、总结，习题讲解及答疑。</td> <td>目标5：培养学生归纳总结能力。</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>2020年3月30日</td> <td>周一 1-2</td> <td>电力系统稳定性问题概述，同步电机转子运动方程，电磁转矩与机电特性模型，机电暂态过程及主要分析方法。</td> <td>目标3：电力系统受到扰动后的物理过程</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>2020年4</td> <td>周四</td> <td>励磁绕组动态特性分析，励磁机及</td> <td>目标4：电力系统受</td> </tr> </tbody> </table>	进 度	日期	节 次	内 容	课 程 目 标	1	2020年3月2日	周一 1-2	电力系统故障分析，暂态分析概述，电力系统标幺制，拉氏变换，单机-无穷大系统对称故障分析。	目标1：电力系统受到扰动后的物理过程	2	2020年3月5日	周四 3-4	故障电流波形分析，短路电流实用算法及冲击电流计算，同步电机基本物理结构。	目标1：电力系统受到扰动后的物理过程	3	2020年3月9日	周一 1-2	同步电机物理模型，双反应理论。同步电机突然三相短路情况下，电磁暂态过程物理分析，各绕组的短路电流分析，同步电机主要参数，电势平衡方程，稳态相量图。	目标2：增强对电力系统动态特性的认识	4	2020年3月12日	周四 3-4	基于物理的突然三相短路全电流表达式（有名值），短路过程磁通变化，基于物理的暂态电势及次暂态电势、暂态电抗及次暂态电抗。	目标2：增强对电力系统动态特性的认识	5	2020年3月16日	周一 1-2	abc坐标下同步电机基本方程，Park变换及dq坐标下的Park方程，Park方程的拉氏形式，突然三相短路情况下，基于叠加原理的短路电流分析。	目标2：电力系统受到扰动后的物理过程；培养学生分析与解决工程问题的能力	6	2020年3月19日	周四 3-4	基于超导体特性的同步电机Park方程求解，暂态及次暂态电势，暂态及次暂态电抗，短路电流时间常数，电抗及时间常数等值电路。	目标3：增强对电力系统动态特性的认识；培养学生分析与解决工程问题的能力	7	2020年3月23日	周一 1-2	突然三相短路的全电流表达式（标幺值），转子绕组故障电流计算，强行励磁对短路电流的影响分析。	目标3：掌握电力系统稳定性分析的基本方法	8	2020年3月26日	周四 3-4	突然三相短路计算复习、总结，习题讲解及答疑。	目标5：培养学生归纳总结能力。	9	2020年3月30日	周一 1-2	电力系统稳定性问题概述，同步电机转子运动方程，电磁转矩与机电特性模型，机电暂态过程及主要分析方法。	目标3：电力系统受到扰动后的物理过程	10	2020年4	周四	励磁绕组动态特性分析，励磁机及	目标4：电力系统受
进 度	日期	节 次	内 容	课 程 目 标																																																				
1	2020年3月2日	周一 1-2	电力系统故障分析，暂态分析概述，电力系统标幺制，拉氏变换，单机-无穷大系统对称故障分析。	目标1：电力系统受到扰动后的物理过程																																																				
2	2020年3月5日	周四 3-4	故障电流波形分析，短路电流实用算法及冲击电流计算，同步电机基本物理结构。	目标1：电力系统受到扰动后的物理过程																																																				
3	2020年3月9日	周一 1-2	同步电机物理模型，双反应理论。同步电机突然三相短路情况下，电磁暂态过程物理分析，各绕组的短路电流分析，同步电机主要参数，电势平衡方程，稳态相量图。	目标2：增强对电力系统动态特性的认识																																																				
4	2020年3月12日	周四 3-4	基于物理的突然三相短路全电流表达式（有名值），短路过程磁通变化，基于物理的暂态电势及次暂态电势、暂态电抗及次暂态电抗。	目标2：增强对电力系统动态特性的认识																																																				
5	2020年3月16日	周一 1-2	abc坐标下同步电机基本方程，Park变换及dq坐标下的Park方程，Park方程的拉氏形式，突然三相短路情况下，基于叠加原理的短路电流分析。	目标2：电力系统受到扰动后的物理过程；培养学生分析与解决工程问题的能力																																																				
6	2020年3月19日	周四 3-4	基于超导体特性的同步电机Park方程求解，暂态及次暂态电势，暂态及次暂态电抗，短路电流时间常数，电抗及时间常数等值电路。	目标3：增强对电力系统动态特性的认识；培养学生分析与解决工程问题的能力																																																				
7	2020年3月23日	周一 1-2	突然三相短路的全电流表达式（标幺值），转子绕组故障电流计算，强行励磁对短路电流的影响分析。	目标3：掌握电力系统稳定性分析的基本方法																																																				
8	2020年3月26日	周四 3-4	突然三相短路计算复习、总结，习题讲解及答疑。	目标5：培养学生归纳总结能力。																																																				
9	2020年3月30日	周一 1-2	电力系统稳定性问题概述，同步电机转子运动方程，电磁转矩与机电特性模型，机电暂态过程及主要分析方法。	目标3：电力系统受到扰动后的物理过程																																																				
10	2020年4	周四	励磁绕组动态特性分析，励磁机及	目标4：电力系统受																																																				

	月 2 日	3-4	励磁调节器的原理及数学模型。	到扰动后的物理过程
11	2020 年 4 月 6 日	周一 1-2	李雅普诺夫稳定性理论概述，电力系统静态稳定性基本概念，分析方法，单机无穷大-系统分析内容。	目标 3：掌握电力系统稳定性分析的基本方法； 目标 4：增强对电力系统静态稳定性的认识。
12	2020 年 4 月 9 日	周四 3-4	放假。停课一次。	
13	2020 年 4 月 13 日	周一 1-2	自动励磁系统对静态稳定性影响分析，多机系统的静态稳定性分析。	目标点 4：电力系统静态稳定性计算；培养学生分析与解决工程问题的能力
14	2020 年 4 月 16 日	周四 3-4	对称分量法与不对称故障计算，电力系统暂态稳定性特点；单机-无穷大系统的机电暂态等面积定则分析方法；多机电力系统暂态稳定性分析；计及发电机自动调节系统以及复杂电力系统的分析方法。	目标 4：增强对电力系统动态稳定性的认识； 目标 5：增强系统性思考能力；培养学生分析与解决工程问题的能力
15	2020 年 4 月 20 日	周一 1-2	实际授课： 归纳总结、复习、答疑、习题讲解 原计划：动态模拟试验（一）及实验报告。（待学生返校）	目标 5：培养学生归纳总结能力。联系所学专业，利用动模试验模拟解决实际工程上遇到的问题，培养学生创新意识。
16	2020 年 4 月 23 日	周四 3-4	原计划：动态模拟试验（二）及实验报告。（待学生返校）	目标 5：联系所学专业，利用动模试验模拟解决实际工程上遇到的问题，培养学生创新意识

	教学内容	学时	教学方式	作业及要求	基本要求	考查方式
*教学内容、进度安排 及对应课程目标	电力系统故障分析的基本知识、故障概述、标幺制、无限大功率电源供电的三相短路电流分析	4	课堂教学	每次课堂教学后有课外作业，要求中英文独立完成，有集中问题进行讲解		作业
	同步发电机突然三相短路分析、物理	12	课堂教学	每次课堂教学后有课外作业，要求		作业

(Class Schedule & Course Objectives)	过程及短路电流的近似分析、Park 变换、基本方程、参数及等值电路、同步发电机基本方程（拉氏运算形式）分析突然三相短路电流，自动调节励磁装置对短路电流的影响			中英文独立完成，有集中问题进行讲解		
	电力系统稳定性问题概述、同步发电机组的机电特性、自动调节励磁系统的作用原理和数学模型	4	课堂教学	每次课堂教学后有课外作业，要求中英文独立完成，有集中问题进行讲解		作业
	李雅普诺夫稳定性基本定理、静态稳定、小干扰法分析简单系统静态稳定、自动调节励磁系统对静态稳定的影响、提高系统静态稳定性的措施	5	课堂教学	每次课堂教学后有课外作业，要求中英文独立完成，有集中问题进行讲解		作业
	电力系统暂态稳定、电力系统不对称故障复习、简单系统的暂态稳定性、发电机组自动调节系统对暂态稳定的影响、提高暂	3	课堂教学	每次课堂教学后有课外作业，要求中英文独立完成，有集中问题进行讲解	自学 1 小时，讨论本课的难点和重点	作业

	态稳定性的措施					
	基于动态模拟的电力系统暂态稳定性实验、强行励磁及重合闸提高稳定性、基于计算机仿真的电力系统暂态稳定性分析	4	实验教学	每次实验课后要求独立撰写实验报告，用所学的基本理论对实验方案、实验现象、结果进行分析总结		实验报告
*考核方式 (Grading)	<p>最终成绩由平时作业、课堂表现、动模实验、结业考试成绩组合而成。各部分所占比例如下：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 平时作业和上课参与程度：15%。主要考核对知识点的掌握程度、口头及文字表达能力。 ● 动模实验：15%。主要考核分析解决问题、创造性工作、处理信息、口头及文字表达等方面的能力。 <p>考试：70%。主要考核对电力系统暂态分析的基本原理和电气工作者的思维方式的掌握程度。</p>					
*教材或参考资料 (Textbooks & Other Materials)	<p>教材： 电力系统暂态分析（第三版），李光琦，中国电力出版社，2007年</p> <p>参考资料：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 电力系统分析（上），何仰赞等编，华中理工大学出版社，2005年。 2) 电力系统稳定与控制（影印版）(Power System Stability and Control)，（加）昆德编著，中国电力出版社，2001。 3) 电力系统暂态(Power System Transient)，(荷) LouvanderSluis 著，中国电力出版社，2003。 					
其它 (More)						
备注 (Notes)						