**《电力系统分析》课程教学大纲**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程名称** | **中文** | | 电力系统分析 | | | |
| **英文** | | Power System Analysis | | | |
| **课程代码** | A313133 | | **开课学院/系** | 电气信息工程学院/电气工程系 | **制定/修订**  **时间** | 2023.09 |
| **课程类别** | 必修/专业课 | | **学分** | 4.0 | **学时** | 64 |
| **适用专业** | 电气工程及其自动化 | | | | | |
| **先修课程** | 电路原理，工程电磁场，电机学，电力电子技术 | | | | | |
| **选用教材** | 韩祯祥主编.电力系统分析（第6版）.杭州：浙江大学出版社，2023. | | | | | |
| **课时分配** | 理论教学56学时，实验8学时 | | | | | |
| **撰写人** | 陈立兴 | **审定人** | | 王琪 | **批准人** | 薛波 |

**一、课程简介**

《电力系统分析》是电气工程及其自动化专业的专业课；是技术理论课、基础理论课走向专业课学习和工程应用研究的纽带，具有承上启下的作用。要求同学具备电路原理，工程电磁场，电机学，电力电子技术等基础知识。通过该课程的学习，使学生掌握电力系统分析的基础理论和基本知识，既为后续专业课程及一些相关专题的学习打下基础，又培养了学生综合运用基础知识解决工程实际问题的能力。为学生今后从事电气工程及其自动化领域的工程设计、系统运行与分析、技术开发等工作打下一定的理论和实践基础。

**二、课程目标**

该课程的教学目标如下：

课程目标1：能掌握电力系统稳态分析的基本概念、基本原理、基本分析方法和计算方法；

课程目标2：能掌握电力系统暂态分析的基本概念、基本原理、基本分析方法和计算方法。

课程目标3：了解电力系统发展历程，增强民族自信心和民族自豪感，以及奋发图强、自强自立的社会责任感和新发展理念。了解热点时事、个人先进事迹、典型事迹和励志事迹，学习他们不畏艰难、勇于探索、精益求精、热爱科学、追求真理。了解实际电力工程问题、电力安全生产事故典型案例，树立正确三观和安全生产意识。具有工程思维、辩证思维等科学思维能力，以及恪守行业职业道德规范，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** | **毕业要求观测点** | **课程目标** |
| 毕业要求1：工程知识 | 1.3 能针对电气工程及其自动化领域中电路、电磁场、电机与驱动等专业工程问题进行建模与求解；  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 |
| 2 |
| 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。 | 1 |
| 2 |

**四、课程教学内容**

（一）理论教学部分

内容1：电力系统概述

1．基本内容：电力系统的基本概念；电力系统的负荷和负荷曲线；电力系统中的发电厂；电力网的结构与接线；电压等级和额定电压；电力系统运行的特点和要求；电力系统中性点接线方式；直流输电与柔性交流输电。

2．重点：电力系统组成；电力系统电压等级和额定电压。

3．难点：电力系统元件额定电压的确定。

4. 知识目标：了解电力系统中的发电厂，电力网的结构与接线，电力系统中性点接线方式，直流输电与柔性交流输电；理解电力系统的组成，特别注意动力系统、电力系统和电力网的概念；掌握电压等级和额定电压。

5. 能力目标：能够灵活运用电力系统元件额定电压确定方法。

6. 素质目标：了解电力系统发展历程及我国电力系统发展，了解我国特高压交直流输电工程及科学家典型事迹，激发学生的家国情怀。

内容2：电力系统元件数学模型

1．基本内容：三相电力线路的参数和等值电路；变压器的参数和等值电路；电力网络的等值电路（标么制）。

2．重点：三相电力线路的参数和等值电路，变压器的参数和等值电路，电力网络的等值电路及标么制的使用。

3．难点：等值电路参数归算与标么值计算。

4. 知识目标：(1)掌握三相电力线路的参数和等值电路。掌握每相导线的单位长度的电阻、电抗、电导和电纳的计算公式；了解各参数物理意义及影响因素；理解架空线路采用分裂导线的意义，并掌握其参数计算方法；掌握电力线路等值电路及其参数计算(准确计算不做要求)。(2)掌握变压器的参数和等值电路。熟练掌握双绕组变压器的电阻、电抗、电导和电纳的计算公式；掌握用变压器短路实验数据和空载实验数据计算其Γ型等值电路参数的方法。(3)掌握电力网络的等值电路。充分理解和掌握多级电压网络进行参数和变量归算的意义和方法；充分理解标么制在电力系统分析和计算中的意义；熟练掌握标么值的定义和数学表达式、各量标么值求法及在多级电压网络中标么值归算的两种方法。熟练掌握标么值和有名值相互转换的方法。

5. 能力目标：培养电力网络等值电路绘制的基本技能，能够对简单电力网络进行建模与求解。

6. 素质目标：了解热点时事、个人先进事迹及实际工程问题中涉及的电力元件，既帮助学生更好地理解电力元件属性，又激励学生精益求精、追求卓越的工匠精神。

内容3：简单电力系统潮流计算

1．基本内容：潮流计算的基本概念；开式网络的潮流计算(同一电压等级、不同电压等级)；闭式网络的潮流计算。

2．重点：掌握开式网络中潮流分布的逐段推算法(同一电压等级、不同电压等级)。

3．难点：环网及两端供电网的分解。

4. 知识目标：理解潮流计算的基本概念(电压降落、电压损耗、电压偏移、功率损耗和输电效率)；熟练掌握电力线路和变压器中功率损耗和电压降落公式，正确计算等值电路中的功率分布；掌握开式网络的潮流逐段推算法(同一电压等级、不同电压等级)；理解环形网和两端供电网中循环功率产生的原因，掌握闭式网络的潮流算法。

5. 能力目标：能够进行简单电力系统潮流计算。

6. 素质目标：了解实际工程问题及学科前沿，了解在降低网损方面的统一潮流控制器工程，促使学生热爱科学、追求真理。

内容4：复杂电力系统潮流计算

1．基本内容：电力网中的节点导纳矩阵及修正，电力网潮流计算中的功率方程，牛顿-拉夫逊潮流计算，PQ分解潮流计算，高斯-赛德尔潮流计算，直流法潮流计算。

2．重点：电力网中的节点导纳矩阵及修正，牛顿-拉夫逊潮流计算，PQ分解潮流计算。

3．难点：牛顿-拉夫逊潮流计算。

4. 知识目标：掌握电力网中的节点导纳矩阵及修正，电力网潮流计算中的功率方程，牛顿-拉夫逊潮流计算，PQ分解潮流计算；了解高斯-赛德尔潮流计算，直流法潮流计算。

5. 能力目标：能够进行复杂电力系统潮流计算。

6. 素质目标：了解相关领域科学家的典型事迹，培养学生不畏艰难、勇于探索的精神。

内容5：电力系统的有功功率和频率控制

1．基本内容：频率调整的必要性；频率特性（负荷、发电机、简单电力系统）；电力系统的频率调整；电力系统的有功功率平衡；互联系统的频率调整。

2．重点：电力系统的频率调整；等耗量微增率准则与有功负荷最优分配。

3．难点：电力系统的一次调频、二次调频和三次调频。

4. 知识目标：了解频率调整的必要性，理解电力系统的有功功率平衡和频率的关系，理解频率特性，包括：负荷频率特性，发电机频率特性和简单电力系统频率特性；熟练掌握电力系统的频率调整。

5. 能力目标：能够进行简单电力系统频率调整分析和有功负荷的最优分配。

6. 素质目标：了解我国与发达国家的频率调整控制技术差距，认清我国在诸多行业尖端领域内存在的差距，要秉承实事求是的态度积极投身于科研建设中，坚定学生报效祖国的理想信念，弥补现有技术的不足，寻求全新科研突破。

内容6：电力系统的无功功率和电压控制

1．基本内容：电压调整的必要性；电力系统的无功功率平衡；电压调整的基本概念与电压调整的措施。

2．重点：电力系统的无功功率平衡；电力系统的电压调整。

3．难点：电压调整计算(变压器)。

4. 知识目标：了解电压调整的必要性，理解电力系统的无功功率平衡和电压的关系，掌握电力系统无功功率平衡的含义和计算，电力系统的电压调整。

5. 能力目标：能够进行简单电力系统电压调整分析。

6. 素质目标：了解有功功率和无功功率关系，二者相互作用、相互影响、缺一不可，帮助学生树立正确的三观。

内容7：同步电机数学模型及电力系统三相短路实用计算

1．基本内容：电压方程和磁链方程；派克坐标变换；dq0坐标下同步电机方程；标么制派克方程；电力系统三相短路实用计算方法。

2．重点：派克坐标变换与标么制派克方程。

3．难点：电力系统三相短路起始次暂态电流计算。

4. 知识目标：了解同步电机电压方程和磁链方程；理解派克坐标变换、dq0坐标下同步电机方程和标么制派克方程；了解电力系统三相短路起始次暂态电流计算方法。

5. 能力目标：培养建模的推理能力和分析能力。

6. 素质目标：了解吾辈们的相关励志事迹，激励学生更加努力,勇敢前行。

内容8：对称分量法与元件序参数和等值电路

1．基本内容：对称分量法；元件序阻抗；三序网络制定。

2．重点：对称分量法；变压器和线路零序电抗和等值电路；零序网络制定。

3．难点：变压器和输电线零序电抗和等值电路。

4. 知识目标：掌握对称分量法、元件序阻抗参数计算和正序等效定则。

5. 能力目标：培养三序网络绘制的基本技能。

6. 素质目标：了解对相关科学典故，培养学生遇到问题时要善于辩证思维，举一反三。

内容9：电力系统不对称短路分析

1．基本内容：单相接地、两相直接短路和两相直接短路接地的复合序网络形成；正序等效定则；非全相运行。

2．重点：不同短路类型时故障处短路电流和电压计算。

3．难点：不同短路类型时电流和电压相量图的绘制。

4. 知识目标：了解单相接地、两相直接短路和两相直接短路接地的复合序网络形成；理解正序等效定则；了解非全相运行。

5. 能力目标：能够进行简单电力系统不对称短路分析。

6. 素质目标：了解电力安全生产事故典型案例，从中汲取教训，尤其是在校进行实践课程时，让学生严格遵守操作规范，树立安全生产意识。

**（二）实验教学部分**

实验1：绘制电力系统单线图

1.实验内容：熟悉PSASP软件的使用方法，并绘制电力系统单线图。

2.实验目标：掌握采用PSASP软件绘制电力系统单线图的方法。

实验2：辐射形网络潮流计算

1.实验内容：根据给定的电网结构、参数和发电机、负荷等元件的运行条件，利用PSASP软件完成电力系统各部分稳态运行状态参数的计算。

2.实验目标：理解电力系统中潮流计算的相关概念，掌握用PSASP软件对电力系统潮流进行计算的方法。

实验3：电力系统三相短路计算

1.实验内容：对给定电力系统，利用PSASP软件计算流过短路点的故障电流、电压及其分布，完成电力系统的三相短路计算。

2.实验目标：理解电力系统分析中三相短路计算的相关概念，掌握利用PSASP软件进行电力系统三相短路计算的方法。

实验4：电力系统不对称短路计算

1.实验内容：对给定电力系统，利用PSASP软件计算流过短路点的故障电流、电压及其分布，完成电力系统的不对称短路计算。

2.实验目标：理解电力系统分析中不对称短路计算的相关概念，掌握利用PSASP软件进行电力系统不对称短路计算的方法。

**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** |
| 1 | 内容1：电力系统概述  内容2：电力系统元件数学模型  内容3：简单电力系统潮流计算  内容4：复杂电力系统潮流计算  内容5：电力系统的有功功率和频率控制  内容6：电力系统的无功功率和电压控制  实验1：绘制电力系统单线图  实验2：辐射形网络潮流计算 | √ |  |  |
| 2 | 内容7：同步电机数学模型及电力系统三相短路实用计算  内容8：对称分量法与元件序参数和等值电路  内容9：电力系统不对称短路分析  实验3：电力系统三相短路计算  实验4：电力系统不对称短路计算 | √ |  |  |

**六、课程教学方法与学时分配**

（一）教学方法

(1)引入案例教学法。案例教学法能增加课程趣味性，激发学生学习兴趣，有效融合理论知识与实践问题，加深学生对课程知识的理解。教学中，教师可引入学科标志性事件或重要人物介绍。例如，讲授架空线路电抗计算时，可以先通过“西电东送工程”事件引出架空线路及电抗参数；再结合实际工程问题，介绍架空线路结构，引入三项循环换位和分裂导线概念推导电抗计算公式，理解和掌握架空线路电抗计算。帮助学生了解事件的同时深入理解课程知识点，做到既知其然，又知其所以然，最终提高学生解决实践问题的能力。

(2)引入启发式教学法。启发式教学法是一种让学生主动参与课堂互动，激发学生思考和学习兴趣的教学方法。教学中，教师可结合教学内容，设计并抛出关键问题，让学生主动思考、探究解决方案，待教师汇总方案后引导学生自主遴选问题最佳方案，教师再对教学内容进行精讲，最终激发学生主动思考的积极性，构建其知识体系。例如，在讲解关于架空线路电抗的知识时，教师为学生创设相关教学情境，可先给出架空线路图片或视频，让学生观察每相导线结构，然后抛出问题让学生讨论：架空线路每相导线似乎不是一根，若为一根将会带来什么样的影响？引出分裂导线（提示：目的是为减少电抗），接着抛出问题让学生讨论：为什么减少电抗？能否消除？（提示：输电远近看电抗，电抗越小，输电距离越小越有利于输电）。通过思维引导有效带出课程内容，使教学更加生动有趣。从而提高学生课堂参与度，培养其思考和探究的能力，并加深对知识点的理解。

(3)引入“智慧教学工具+多媒体+板书”方式。合理安排和组织教学进程。如运用雨课堂播放多媒体动画、视频、音频，结合板书，使课程内容更直观、丰富、形象、多样、新颖，将抽象、不易理解的理论基础内容生动化、形象化，从而易于被学生接受和理解。

(4)引入“课堂练习+课后作业”方式。引导学生主动学习，及时掌握重点知识。如通过增加习题课、课堂练习、课堂提问等形式，让课程重点内容频繁出现，加深学生对重点知识的理解和掌握，提高课堂教学效率。

1. 学时分配

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **教学内容** | **课堂讲授** | **线上**  **讲授** | **实验** | **上机** | **合计** |
| 内容1：电力系统概述 | 4 |  |  |  | 4 |
| 内容2：电力系统元件数学模型 | 8 |  |  |  | 8 |
| 内容3：简单电力系统潮流计算 | 8 |  |  |  | 8 |
| 内容4：复杂电力系统潮流计算 | 8 |  |  |  | 8 |
| 内容5：电力系统的有功功率和频率控制 | 8 |  |  |  | 8 |
| 内容6：电力系统的无功功率和电压控制 | 6 |  |  |  | 6 |
| 内容7：同步电机数学模型及电力系统三相短路实用计算 | 6 |  |  |  | 6 |
| 内容8：对称分量法与元件序参数和等值电路 | 4 |  |  |  | 4 |
| 内容9：电力系统不对称短路分析 | 4 |  |  |  | 4 |
| 实验1：绘制电力系统单线图 |  |  | 2 |  | 2 |
| 实验2：辐射形网络潮流计算 |  |  | 2 |  | 2 |
| 实验3：电力系统三相短路计算 |  |  | 2 |  | 2 |
| 实验4：电力系统不对称短路计算 |  |  | 2 |  | 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：采用作业、实验、调查报告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：课程考核总成绩中，作业成绩占30%、实验成绩占10%、调查报告成绩占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：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程**  **目标** | **考核环节** | | | | **合计** |
| **作业** | **实验** | **调查报告** | **期末考试** |
| 1 | 25% | 5% | 5% | 40% | 75% |
| 2 | 5% | 5% | 5% | 10% | 25% |
| 合计 | 30% | 10% | 10% | 50% | 100% |

**八、课程参考书目及资源**

1.何仰赞等编.《电力系统分析（上、下）（第4版）》．武汉:华中科技大学出版社，2021.012.

2.陈珩编.《电力系统稳态分析（第4版）》．北京:水利电力出版社，2015.10.

3.韩祯祥主编.《电力系统分析（第6版）》．杭州:浙江大学出版社，2023.09.

**九、课程其它说明（若有）**

无。

**附件：评分标准**

1. **过程性考核评分标准**

**1.作业评分标准**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 观测点 | **优（90～100）** | **良（80～89）** | **中等（70～79）** | **及格（60**  **～69）** | **不及格（<60）** |
| 书写(权重0.3) | 工整 | 较工整 | 基本工整 | 不工整 | 较不工整 |
| 态度(权重0.3) | 认真 | 较认真 | 基本认真 | 不认真 | 较不认真 |
| 解题(权重0.4) | 内容完整、思路清晰、计算正确 | 内容完整、思路可行、计算个别错误 | 内容基本完整、思路尚可、计算少部分错误 | 内容基本完整、思路尚可、计算部分错误 | 内容不完整或不会做 |

**2.课堂笔记与调查报告评分标准**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 观测点 | **优（90～100）** | **良（80～89）** | **中等（70～79）** | **及格（60**  **～69）** | **不及格（<60）** |
| 书写(权重0.3) | 工整 | 较工整 | 基本工整 | 欠工整 | 不工整 |
| 态度(权重0.3) | 认真 | 较认真 | 基本认真 | 欠认真 | 不认真 |
| 内容(权重0.4) | 完整 | 较完整 | 基本完整 | 欠完整 | 不完整 |