**《电机学》课程教学大纲**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程名称** | **中文** | | 电机学 | | | |
| **英文** | | Electric Machinery Fundamentals | | | |
| **课程代码** | A313078 | | **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/专业基础课/三（上） | | **学分** | 3 | **学时** | 48 |
| **适用专业** | 电气工程及其自动化 | | | | | |
| **先修课程** | 大学物理、电路原理 | | | | | |
| **选用教材** | 阎治安. 电机学（第三版）. 西安:西安交通大学出版社.2016 | | | | | |
| **课时分配** | 总学时48，其中，理论学时40，实验学时8 | | | | | |
| **撰写人** | 路子赟 | **审定人** | | 王琪 | **批准人** | 薛波 |

**一、课程简介**

《电机学》是电气工程及其自动化专业的专业基础课，它要求学生具有大学物理、电路原理、电工学等课程的学习基础。通过本课程的学习，使学生掌握直流电机、变压器、交流电机的基本概念、基本理论、基本分析计算方法以及掌握电机的实验操作能力和对实验数据的初步分析能力。为学习《电力拖动控制系统》、《电力系统分析》、《变电站电气工程》、《电力系统继电保护》等后续专业课程打下基础。

**二、课程目标**

该课程的教学目标如下：

课程目标1：了解电机学的准备知识和电机的工程性基础知识。了解和熟悉电机的分类、结构（含绕组结构）、原理、励磁方式、电枢反应、额定值、功率平衡、机械特性及其应用；理解直流电机与异步电机起动、调速、制动性能；理解单相异步电机工作原理以及了解基于分相的分类方法；了解变压器/同步发电机的并网条件和永磁同步电动机的异步起动；了解同步发电机的功角特性和功率调节；熟悉直流电机、变压器、异步电机的实验操作步骤，获取、整理、分析实验数据，得出正确的结论。

课程目标2：基于电机（包括绕组）的结构，理解与掌握电机的理论方法，包括感生电势公式、转矩公式、绕组的电势/磁势平衡方程式、推导等效电路参数、根据电机内部的电气特性推导其机械特性公式，进而掌握电机的稳态分析与计算，包括电势、电流、磁势、同步转速、转差率、转矩、转速、等效电路参数、功率和损耗、效率、功率因数等；掌握三相变压器的联结组号的判别；掌握他励直流电动机和三相异步电动机的调速参数的分析与计算。

课程目标3：了解电机及应用的发展史和国内外电机及应用的发展新动向，包括新型电机、特种电机、重大电机应用领域的新结构、新原理、新材料、新工艺、新方法、新性能等，学会收集、整理、归纳、撰写综述性调查报告的能力。

课程目标4：了解电机的发展以及我国电机研究制造领域的新成果，增强民族自信心和自豪感，帮助学生树立学习报国、科技强国的历史责任感。了解科学家们的事迹，帮助学生确立严谨求实的科学精神、坚持不懈的做事态度和团结协作的团队意识。

**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 | 指标点1.3 | 课程目标1 |
| 毕业要求2：问题分析 | 指标点2.2 | 课程目标2 |
| 毕业要求4：研究学习 | 指标点4.3 | 课程目标3 |

**四、课程教学内容**

（一）理论教学部分

内容1：电机基础知识

1. 基本内容：磁场的物理量、物理定律及磁路理论，电机的分类、特点、常用术语、额定值及在生产生活中的应用情况。

2．重点：电机的分类、常用术语、额定值；电机在生产生活中的应用。

3．难点：磁场的物理量及物理定律。

4．知识目标：建立广义与狭义电机的概念；了解磁场的物理量、物理定律及磁路理论；了解传统电机学的磁路、电路分析法；了解电机的分类、特点、专业术语，掌握各类电机的结构、原理、额定值，了解电机在生产生活中的应用情况，理解电机学在本专业中的地位与其他专业课的关系，掌握电机学的学习方法、学习心得、注意事项等。

5．能力目标：培养区分电机类型的能力；培养磁路作用电路化的方法分析电机的能力；培养学习电机学的能力。

6．素质目标：适时讲述一些与电机有关的人物事迹，如法拉第、钟兆琳等，激发学生的学习兴趣。通过事例讲述电机在生产、生活、国防、科学研究等方面的重要作用，尤其将003航母的电磁弹射器作为中国电机发展的成就，弘扬爱国主义精神和树立科技强国的历史责任感。

内容2：直流电机相关理论与应用特性

1．基本内容：有刷直流电机的结构、原理和特点；直流电机的磁路、电枢绕组和电枢反应；直流电机的基本方程式和运行特性；

2．重点：直流电机电势平衡原理图，他励直流电动机机械特性与调速特性。

3．难点：推导感生电势/电磁转矩公式，电势平衡原理图，调速的分析计算。

4．知识目标：掌握有刷直流电机的结构、原理和特点；了解直流电机的电枢绕组结构、空载和负载时的磁场、电枢反应；掌握直流电机的电枢电势公式、电磁转矩公式、电势平衡方程、功率和损耗；理解和掌握他励直流电动机的机械特性，掌握他励直流电动机调速特性，了解直流电动机的起动、制动。

5．能力目标：培养直流电机的理论分析与计算能力；培养测量直流电机的电枢电阻的能力；培养测量直流电机的机械特性的能力（可选）；培养测量直流电机的调速特性的能力（可选）。

6．素质目标：适时讲述有刷直流电机与无刷直流电机、无刷电励磁电机的区别，尤其后者的发明人李红涛的传奇故事，引导学生建立正确的人生观和价值观——努力学习知识，锻炼技能，并将知识能力应用在正路上，造福社会。

内容3：变压器相关理论与应用特性

1．基本内容：变压器的基本结构和工作原理，变压器基本方程式、绕组折算、等效电路、标幺值。

2．重点：变压器磁势/电势平衡方程，绕组折算和等效电路，联结组的判断方法，变压器的并联运行。

3．难点：变压器T形等效电路，三相变压器电压电流关系，联结组号判断。

4．知识目标：掌握单相/三相变压器的结构、原理与特点；理解和掌握变压器空载运行和负载运行时的磁势平衡方程、电势平衡方程，理解绕组折算和掌握等效电路。掌握变压器参数的实验测定，了解标幺值的概念。理解三相变压器的对称运行。掌握联结组的判断方法，了解变压器的并联运行。了解互感器使用的注意事项。

5．能力目标：培养变压器的理论分析与计算能力；培养通过空载/稳态短路实验获得变压器的等效电路参数的能力；培养测量变压器的功率因数和效率的能力（可选）；培养测量三相变压器的同名端的能力（可选）。

6．素质目标：适时讲述中国在特高压直流输电领域占据世界领先地位，换流变压器是一种重要的核心装备，中国通过引进、消化吸收、再创新，掌握了设计制造技术。激励学生既要志存高远，又要脚踏实地，在中国伟大复兴的进程中建功立业，获得成就感。

内容4：交流电机相关理论与应用特性

1．基本内容：交流绕组的结构、术语、电势/磁势公式；三相/单相异步电机的结构、原理与特点；三相异步电动机的基本方程式、频率/绕组折算、等效电路，机械特性与运行分析，三相异步电动机的启动、制动与调速；单相异步电动机的分相；同步电机（包括永磁同步电动机）的结构、原理与特点，同步发电机的并网条件与有功功率/无功功率的调节，功角及功角对转矩的影响，永磁同步电动机的异步起动。

2．重点：三相异步电动机对称运行的磁势/电势平衡方程、频率/绕组折算、等效电路；异步电动机的机械特性；同步发电机的并网运行及有功功率、无功功率的调节；永磁同步电动机的异步起动。

3．难点：交流绕组感应电势和磁势，异步电机等效折算与等效电路，异步电机起动与调速；功角及功角特性。

4．知识目标：理解交流绕组的绕组系数、电动势和磁动势。掌握三相异步电机的结构、原理与特点；理解异步电动机对称运行的磁势平衡方程、电势平衡方程，理解和掌握频率/绕组折算、等效电路；掌握异步电动机的转矩、机械特性、功率。理解异步电动机的启动、调速、转向。了解单相异步电动机的结构、原理与分相方法；了解同步电机（包括永磁同步电动机）的结构、原理与特点；了解同步发电机的并网运行及有功功率、无功功率的调节；了解功角的概念以及对转矩的影响；理解永磁同步电动机的异步起动。

5．能力目标：培养交流绕组与异步电机的理论分析与计算能力；培养测量三相异步电动机的工作特性的能力；培养同步电机的应用能力。

6．素质目标：适时讲述新能源车的动力电机，特斯拉用异步电机，而国内都用永磁同步电机，前者有铜芯鼠笼专利，成本低、扭矩高、不怕消磁，后者尽管功率密度大，但成本高、怕消磁。希望借助这件事情，勉励学生要勇于创新，因为现代民富国强的基石，就是拥有大批有产业化的高技术产品的国内企业，创新性的人才是第一位的因素。

（二）实验教学部分

实验1：他励直流电机的工作特性与调速性能测定(Ⅰ)

1.实验内容：电机系统教学实验台中的直流稳压电源、变阻器、多量程直流电压表、电流表、毫安表及直流电动机的使用方法；用伏安法测直流电动机和直流发电机的电枢绕组的冷态电阻。

1. 实验目标：学习电机实验的基本要求与安全操作注意事项；认识在直流电机实验中所用的电机、仪表、变阻器等部件及使用方法；熟悉他励电动机（即并励电动机按他励方式）的接线、起动、改变电机方向与调速的方法。

实验2：他励直流电机的工作特性与调速性能测定(Ⅱ)

1. 实验内容：电动及回馈制动特性；电动及反接制动特性；能耗制动特性。
2. 实验目标：测量直流电动机的各种运转状态时的工作特性。

实验3：单相变压器的空载、短路和负载实验

1. 实验内容：空载实验，测取空载特性UO=f(IO)，PO=f(UO)；短路实验，测取短路特性UK=f(IK)，PK=f(I)；负载实验，保持U1=U1N，=1的条件下，测取U2=f(I2)。
2. 实验目标：通过空载和短路实验测定变压器的变比和参数；通过负载实验测取变压器的运行特性。

实验4：三相异步电动机的工作特性实验

1. 实验内容：异步电动机的直接起动；绕线式异步电动机转子绕组串入可变电阻器起动；绕线式异步电动机转子绕组串入可变电阻器调速。
2. 实验目标：通过实验掌握异步电动机的起动和调速的方法。

**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** |
| 课程目标1 | 内容1：电机基础知识  实验1/2：他励直流电机实验  内容2：直流电机应用知识  实验3：变压器实验  内容3：变压器应用知识  实验4：异步电机实验  内容4：异步/同步电机应用知识 | √ |  |  |
| 课程目标2 | 内容2：直流电机理论与分析计算  内容3：变压器理论与分析计算  内容4：交流电机理论与分析计算 | √ |  |  |
| 课程目标3 | 内容5：与电机及应用相关的新进展调查报告 | √ |  |  |

**六、课程教学方法与学时分配**

（一）教学方法

(1) 兴趣培养：引导、激励学生的学习积极性和自主性，举一些电机发展与应用中的有趣故事，让学生摆脱枯燥理论的束缚，对未来的课程学习产生兴趣。

(2) 合理安排和组织教学进程：从本专业出发，以学生精准把握为前提，使学生对电机在专业中的地位、与其他课程的联系有个俯瞰的视角。

(3) 良好的师生互动：让学生参与教学过程，并发表自己的观点和见解。

(4) 有效合理的作业：布置作业时，可以设置一些综述性的研究任务，让学生自己收集整理资料，培养学生的思维能力、自学能力和创新能力。

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：电机准备知识 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 内容2：直流电机理论与分析 | 12 | 0 | 0 | 0 | 12 |
| 内容3：变压器理论与分析 | 8 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| 内容4：交流电机理论与分析 | 18 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| 实验1：他励直流电机的工作特性与调速性能测定(Ⅰ) | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| 实验2：他励直流电机的工作特性与调速性能测定(Ⅱ) | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| 实验3：单相变压器的空载、短路和负载实验 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| 实验4：三相异步电动机的工作特性实验 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| 合计 | 40 | 0 | 8 | 0 | 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：采用实验、调查报告和作业相结合的形式对学生课程成绩进行综合评定。课程总成绩中，实验成绩占10%、调查报告成绩占10%、作业成绩占20%、期末考试成绩占60%。

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** |
| **实验** | **调查报告** | **作业** | **期末考试** |
| 1 | 课程目标1 | 10% | 0% | 5% | 10% | 25% |
| 2 | 课程目标2 | 0% | 0% | 15% | 50% | 65% |
| 3 | 课程目标3 | 0% | 10% | 0% | 0% | 10% |
| 合计 | | 10% | 10% | 20% | 60% | 100% |

各考试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.李发海，朱东起.《电机学》（第六版）.北京:科学出版社,2019.

2.汤蕴璆.《电机学》（第5版）.北京:机械工业出版社,2014.

3.孙旭东，王善铭.《电机学》.北京:清华大学出版社，2006.

4.戴文进，肖倩华.《电机与电力拖动基础》.北京:清华大学出版社，2012.

5.中国大学MOOC国家精品资源共享课，电机学，哈尔滨工业大学  
http://www.icourse163.org/course/HIT-1002267006

6.[鹏芃科艺](http://www.pengky.cn/PengZY01/PengWZJS.html)，新能源课件网，<http://www.pengky.cn/zindex01.html>

**九、课程其它说明**

1. 本次修订针对2021级教学大纲，扩展了课程目标1的内容，整合了电机的准备知识和工程性基础知识。
2. 针对重新整合的四大教学模块改动了教学内容中的一些素质目标描述。

**附件：评分标准**

1. **作业评分标准**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程目标** | **基本要求** | **优**  **（90～100）** | **良**  **（80～89）** | **中等**  **（70～79）** | **及格**  **（60～69）** | **不及格（<60）** |
| 课程目标1 | 能够掌握直流电机、异步电机的调速有关的分析计算；能够应用变压器等效电路分析计算其功率因数。 | 基础知识掌握扎实、全面。方法能够解决问题，思路清晰，计算正确。书写工整、清晰，符号、单位规范。 | 基础知识掌握较扎实、全面。方法主要思路、过程和计算过程正确。书写清晰，主要符号、单位规范。 | 基础知识掌握较全面、不够扎实。方法部分可行。能辨识，70%以上符号、单位规范。 | 基础知识掌握程度一般。尚能制定方法。基本能辨识，60%符号、单位规范。 | 基础知识掌握较差，概念不清（未交0分）。不能制定方法（未交0分）。很潦草，无法辨识（未交0分）。 |
| 课程目标2 | 能够掌握直流电机、变压器、异步电机、同步电机其他的分析、计算、作图和回答题。 | 基础知识掌握扎实、全面。方法能够解决问题，思路清晰，计算正确。书写工整、清晰，符号、单位规范。 | 基础知识掌握较扎实、全面。方法主要思路、过程和计算过程正确。书写清晰，主要符号、单位规范。 | 基础知识掌握较全面、不够扎实。方法部分可行。能辨识，70%以上符号、单位规范。 | 基础知识掌握程度一般。尚能制定方法。基本能辨识，60%符号、单位规范。 | 基础知识掌握较差，概念不清（未交0分）。不能制定方法（未交0分）。很潦草，无法辨识（未交0分）。 |

1. **调查报告评分标准**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程**  **目标** | **基本要求** | **优**  **（90～100）** | **良**  **（80～89）** | **中等**  **（70～79）** | **及格**  **（60～69）** | **不及格（<60）** |
| 课  程  目  标  3 | 能够掌握综述性科技论文的基本写法，包括结构及表达、新颖性、完整度、要有总结和排版及字数满足要求。 | 排版格式规范，字数满足要求 | 排版格式较规范，字数满足要求 | 排版格式欠规范，字数欠满足要求 | 排版格式欠规范，字数不满足要求 | 排版格式不规范，字数不满足要求 |
| 结构合理，文字表达通顺、条理分明，图表清晰 | 结构较合理，文字表达较通顺、条理较分明，图表较清晰 | 结构欠合理，文字表达欠通顺、条理欠分明，图表欠清晰 | 结构欠合理，文字表达欠通顺、条理欠分明，图表不清晰（或无图表） | 结构不合理，文字表达不通顺、条理不分明，图表不清晰（或无图表） |
| 内容完整、准确；图表支持度高 | 内容较完整、较准确；图表支持度较高 | 内容欠完整、欠准确；图表支持度欠低 | 内容低完整性、低准确性；图表支持度低（或无图表） | 内容不完整、不准确；图表不支持内容（或无图表） |
| 总结明显是自己所做；正确，有真知灼见。 | 总结明显是自己所做；基本正确。 | 有总结；但明显是抄袭的。 | 有总结；但表述少，或混乱不清。 | 无总结 |

1. **实验评分标准**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **基本要求** | **优**  **（90～100）** | **良**  **（80～89）** | **中等**  **（70～79）** | **及格**  **（60～69）** | **不及格（<60）** |
| 课  程  目  标  1 | 能够掌握实验原理、仪器设备使用、数据采集、数据分析、撰写实验报告的能力。 | 对实验过程叙述详细、概念正确，语言表达准确，结构严谨，条理清楚，逻辑性强。 | 对实验过程叙述较详细、概念正确，语言表达较准确，结构严谨，条理清楚，逻辑性强。 | 对实验过程叙述较详细，有一定的条理和逻辑性。 | 对实验过程叙述简单，有一定的条理。 | 对实验过程叙述简单，没有条理，体现不出逻辑性。 |
| 实验过程中数据准确，存在问题分析详细透彻、规范、全面。 | 实验过程中数据准确，存在问题分析较为详细透彻。 | 实验过程中数据不太准确，存在问题有较详细的分析，但不全面。 | 实验过程中数据不准确，存在问题有简单分析和描述。 | 没有数据，未能对实验过程中存在问题进行有效的分析。 |
| 格式正确，表达清晰，图表规范。 | 格式正确，表达较清晰，图表较规范。 | 格式基本正确，表达基本清晰，图表基本较规范。 | 格式基本符合要求，表达和图表无原则性错误。 | 未按格式规范要求完成报告。 |

1. **期末试卷评分标准**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程目标** | **基本要求** | **优秀**  **(90～100)** | **良好**  **(80～89)** | **中等**  **(70～79)** | **及格**  **(60～69)** | **不及格**  **(<60)** |
| 课程目标1 | 掌握直流电机/异步电机的调速、变压器、同步电机的准备知识与工程性基础知识。 | 概念表述正确、原理表述清晰、分析过程有完整的表述、表达式正确、结果正确率90%以上。 | 概念表述基本正确、原理表述基本清晰、分析过程表述欠周全、表达式正确、结果正确率80%以上。 | 概念表述基本正确、原理表述基本清晰、分析过程缺少关键表述、表达式基本正确、结果正确率70%以上。 | 概念表述欠正确、原理表述欠清晰、分析过程无表述、表达式欠正确、结果正确率60%以上。 | 概念表述不正确、原理表述不清晰、分析过程无表述或错误、无表达式或错误、结果正确率60%以下。 |
| 课程目标2 | 掌握直流电机、变压器、异步电机、同步电机的其他的分析、计算、作图、简答。 | 概念表述正确、原理表述清晰、分析计算过程有完整的表述、表达式正确、结果正确率90%以上。 | 概念表述基本正确、原理表述基本清晰、分析计算过程表述欠周全、表达式正确、结果正确率80%以上。 | 概念表述基本正确、原理表述基本清晰、分析计算过程缺少关键表述、表达式基本正确、结果正确率70%以上。 | 概念表述欠正确、原理表述欠清晰、分析计算过程无表述、表达式欠正确、结果正确率60%以上。 | 概念表述不正确、原理表述不清晰、分析计算过程无表述或错误、无表达式或错误、结果正确率60%以下。 |