《能源互联网》课程教学大纲

**一、课程基本信息**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **英文名称** | Energy Internet | **课程代码** |  |
| **课程性质** | 专业选修课程 | **授课对象** | 能源与动力工程专业 |
| **学 分** | 2 | **学 时** | 36 |
| **主讲教师** | 吴玺 | **修订日期** | 2021年4月28日 |
| **指定教材** | 孙秋野,马大中.《能源互联网与能源转换技术》2017 | | |

**二、课程目标**

（一）**总体目标：**

“能源互联网”课程是融合了能源技术、电气技术、信息技术、物联网技术等为一体的综合性课程。使学生从电气、热能、信息等多个角度较为立体地了解能源互联网的特性。结合自己专业知识理解原理、技术、工艺流程。在学习的同时，对学生进行环境保护、能源危机的教育，传播科学的发展理念，开阔学生的视野，激发学生学习的兴趣，为学生将来从事能源互联网开发应用工作打下坚实基础。

（二）课程目标：

通过本课让学生全面了解能源互联网的各个领域，理解并掌握基本的能源互联网基本知识，掌握可再生能源的重要技术，把学习能源互联网知识与学生的专业知识联系起来，学用结合，以及提高学生的环保意识、节能意识和创新意识。

**课程目标1：**从能源互联及其综合利用的角度了解能源互联网的结构特征、自能源的来源与在能源互联网中起到的作用。

1．1 了解能源互联网的起源、基本概念以及结构特征。

1．2 了解自能源的来源与在能源互联网中起到的作用。

**课程目标2：**了解能源互联网中能量的标度及梯级利用以及多能源转换的枢纽装置，掌握能源互联网的电力电子化趋势及关键技术。

2．1 了解能量的标度及梯级利用，以及多能源转换的枢纽装置。

2．2 掌握能源互联网的电力电子化趋势及关键技术。

**课程目标3：**关注能源互联网中各类具体能源之间的转换关系，多种能源之间的转换技术以及能源的存储与传输技术。

3.1 掌握多种能源之间的转换技术。

3.2 掌握能源的存储与传输技术。

（三）课程目标与毕业要求、课程内容的对应关系

**表1：课程目标与课程内容、毕业要求的对应关系表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程目标** | **课程子目标** | **对应课程内容** | **对应毕业要求** |
| 课程目标1  从能源互联及其综合利用的角度了解能源互联网的结构特征、自能源的来源与在能源互联网中起到的作用。 | 1.1了解能源互联网的起源、基本概念以及结构特征。 | 第1章 能源与能源互联网 1.1，1.4，1.6， | 毕业要求1：1-1通过系统学习，熟练掌握热工基础理论与基础知识  毕业要求2：2-1 熟悉与能源生产、转化和利用有关的理论前沿、国家和地方的方针政策 |
| 1.2了解自能源的来源与在能源互联网中起到的作用。 | 第2章 自能源 2.1-2.5 | 毕业要求1:1-1通过系统学习，熟练掌握热工基础理论与基础知识毕业要求2：2-1 熟悉与能源生产、转化和利用有关的理论前沿、国家和地方的方针政策 |
| 课程目标2  了解能源互联网中能量的标度及梯级利用以及多能源转换的枢纽装置，掌握能源互联网的电力电子化趋势及关键技术。 | 2.1了解能量的标度及梯级利用，以及多能源转换的枢纽装置。 | 第3章 能量的标度与梯级利用 3.1-3.7，第4章 多能源转换路由器4.1-4.5 | 毕业要求1:1-1通过系统学习，熟练掌握热工基础理论与基础知识 |
| 2.2掌握能源互联网的电力电子化趋势及关键技术。 | 第1章 能源与能源互联网1.2,，1.7，1.8，第5章能源互联网的电力电子化5.1-5.6. | 毕业要求1:1-1通过系统学习，熟练掌握热工基础理论与基础知识毕业要求2：2-1 熟悉与能源生产、转化和利用有关的理论前沿、国家和地方的方针政策 |
| 课程目标3  关注能源互联网中各类具体能源之间的转换关系，多种能源之间的转换技术以及能源的存储与传输技术。 | 3.1掌握多种能源之间的转换技术。 | 第1章 能源与能源互联网 1.3，1.5，第6章能源转换中的电能转换6.1-6.8，第7章 能源转换中的热能转换7.1-7.5第8章能源互联网中的其他能源相互转换8.1-8.5 | 毕业要求1:1-1通过系统学习，熟练掌握热工基础理论与基础知识 |
| 3.2掌握能源的存储与传输技术。 | 第9章能量存储与传输技术9.1-9.5 | 毕业要求1:1-1通过系统学习，熟练掌握热工基础理论与基础知识 |

**三、教学内容**

**第一章 能源与能源互联网**

1.教学目标

（1）了解能源发展现状，能源转换技术、能源存储与传输的概况

（2）了解能源互联网的起源和基本概念

（3）了解能源互联网的能源类型、系统结构、网络结构和通信结构

2.教学重难点

（1）重点：能源互联网的基本概念

（2）难点：能源互联网的系统结构、网络结构和通信结构

3.教学内容

1.1能源的发展与现状

1.2能源转换技术

1.3能源存储与传输

1.4能源互联网的提出

1.5能源互联网的能源类型

1.6能源互联网的系统结构

1.7能源互联网的网络结构

1.8能源互联网的通信结构

4.教学方法

（1）讲授法：讲授能源互联网的概念和结构。

（2）演示法：通过视频、图片，使学生对能源互联网结构和组成产生形象的理解。

5.教学评价

回答以下问题：

1、什么是能源互联网？

2、能源互联网的结构。

3、论述：为什么要发展能源互联网

**第二章 自能源**

1.教学目标

（1）了解自能源的概念和结构

（2）了解自能源的信息物理系统

（3）了解自能源的能量管理与协调控制以及能源市场

2.教学重难点

（1）重点：自能源的概念和结构

（2）难点：自能源的信息物理系统、能量管理与协调控制

3.教学内容

2.1自能源的概念与结构

2.2自能源的信息物理系统

2.3自能源的能量管理与协调控制

2.4自能源与能源市场

4.教学方法

（1）讲授法：讲授自能源的概念和结构等知识。

（2）案例法：通过具体案例分析介绍自能源的能源管理与协调控制。

5.教学评价

回答以下问题：

1、自能源的分类？

2、自能源为什么存在脆弱性问题？

3、如何实现能源互联网全局性优化分配及自能源自身的优化运行

**第三章** **能量的标度与梯级利用**

1.教学目标

（1）了解能量的标度相关定义

（2）了解能源的梯级利用技术

（3）了解总能系统的全息特性

2.教学重难点

（1）重点：能量的标度相关定义

（2）难点：能源的梯级利用技术

3.教学内容

3.1相关定义与定律

3.2能量的标度

3.3能量的量与质

3.4能源的特点

3.5能源的梯级利用

3.6总能系统的全息特性

4.教学方法

（1）讲授法：讲授能量的标度的定义以及能源的梯级利用技术。

（2）案例法：通过具体案例分析介绍能源的梯级利用技术。

5.教学评价

回答以下问题：

1、常见能量形式的单位有哪些？

2、能源的梯级利用技术有哪些

3、总能系统全息特性的性能指标？

**第四章 多能源转换路由器**

1.教学目标

（1）了解能源路由器的概念

（2）了解电力能源路由器的总体框架、运行模式和功能需求

（3）了解多能源转换路由器

2.教学重难点

（1）重点：电力能源路由器和多能源输入

（2）难点：多能源转换路由器的模型

3.教学内容

4.1能源路由器总述

4.2电力能源路由器

4.3能源路由器中多能源网络接入

4.4多能源转换路由器——能量枢纽

4.教学方法

（1）讲授法：讲授能量的标度的定义以及能源的梯级利用技术。

（2）案例法：通过具体案例分析介绍多能源转换路由器。

5.教学评价

回答以下问题：

1、能源路由器的总体框架及运行模式？

2、多能源转换路由器是如何实现多能源的协同优化的？

**第五章 能源互联网的电力电子化**

1.教学目标

（1）了解基于能源互联网的静止型的电能转换技术

（2）了解DC-DC、AC-DC、DC-AC、AC-AC四种电能转换技术及其拓扑结构

（3）了解典型的拓扑结构的数学建模及其控制策略

2.教学重难点

（1）重点：DC-DC、AC-DC、DC-AC、AC-AC四种电能转换技术及其拓扑结构

（2）难点：典型的拓扑结构的数学建模及其控制策略

3.教学内容

5.1能源互联网与电力电子技术

5.2 AC-DC整流器

5.3 DC-DC变换器

5.4 DC-AC逆变器

5.5 AC-AC变流器

4.教学方法

（1）讲授法：讲授四种电能转换技术及其拓扑结构。

（2）案例法：通过具体案例分析典型的拓扑结构的数学建模及其控制策略。

5.教学评价

回答以下问题：

1、固态变压器属于哪种电能转换技术？

2、典型的拓扑结构的数学建模及其控制策略？

**第六章 能源转換中的电能转换**

1.教学目标

（1）了解能源互联网中能源的主要形式和开发利用方式。

（2）了解各种能源转换成电能的方式方法。

（3）了解发电设备的控制框图及并网控制。

2.教学重难点

（1）重点：各种能源转换成电能的方式方法

（2）难点：发电设备的控制框图及并网控制

3.教学内容

6.1风力发电

6.2太阳能发电

6.3生物质发电

6.4燃气发电

6.5水力发电

6.6火力发电

6.7其他能源发电

4.教学方法

（1）讲授法：讲授能量的标度的定义以及能源的梯级利用技术。

（2）案例法：通过具体案例分析介绍多能源转换路由器。

5.教学评价

回答以下问题：

1、如何实现可再生能源的并网控制？

**第七章 能源转换中的热能转换**

1.教学目标

（1）了解地热能、余热能和热电联产等热能转换技术。

2.教学重难点

（1）重点：地热能、余热能

（2）难点：热电联产

3.教学内容

7.1地热能

7.2余热能

7.3热泵技术

7.4热电联产技术

4.教学方法

（1）讲授法：讲授各种热能转换技术

5.教学评价

回答以下问题：

1、如何将热能作为能源互联网中的一个重要能源和其他能源紧密结合起来？

**第八章 能源互联网中的其他****能源相互转换**

1.教学目标

（1）了解冗余的电能转换为新能源、可再生能源之间的转换和可再生能源转换为化石能源的方法。

2.教学重难点

（1）重点：源头蓄能、冗余电能转换

（2）难点：可再生能源间的相互转换、可再生能源制化石能源

3.教学内容

8.1源头蓄能

8.2冗余电能转换

8.3可再生能源间的相互转换

8.4可再生能源制化石能源

4.教学方法

（1）讲授法：讲授各种能源相互转换技术

5.教学评价

回答以下问题：

1. 为什么能源互联网内的各种能源需要相互转换？

**第九章** **能量存储与传输技术**

1.教学目标

（1）了解能源互联网中能量的基本储能类型以及各个能量存储形式的优缺点

（2）各种储能技术在能源互联网中的作用

（3）能源互联网中能量传输技术的概况

2.教学重难点

（1）重点：源头蓄能、冗余电能转换能量的基本储能类型以及各个能量存储形式的优缺点

（2）难点：能源互联网中能量传输技术

3.教学内容

9.1能量存储技术

9.2储能技术在能源互联网中的作用

9.3能量传输技术

9.4其他形式的能量存储与传输

4.教学方法

（1）讲授法：讲授各种能量存储与传输技术

5.教学评价

回答以下问题：

1. 储能在能源互联网中的作用？
2. 储能技术有哪些？

**四、学时分配**

**表2：各章节的具体内容和学时分配表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 章节 | 章节内容 | 学时分配 |
| 第一章 | 能源与能源互联网 | 2 |
| 第二章 | 自能源 | 4 |
| 第三章 | 能量的标度与梯级利用 | 4 |
| 第四章 | 多能源转换路由器 | 4 |
| 第五章 | 能源互联网的电力电子化 | 6 |
| 第六章 | 能源转换中的电能转换 | 4 |
| 第七章 | 能源转换中的热能转换 | 4 |
| 第八章 | 能源互联网中的其他能源相互转换 | 4 |
| 第九章 | 能量存储与传输技术 | 4 |

**五、教学进度**

**表3：教学进度表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 周次 | 日期 | 章节名称 | 内容提要 | 授课时数 | 作业及要求 | 备注 |
| 1 |  | 第1章 能源与能源互联网 | 1.1能源的发展与现状  1.2能源转换技术  1.3能源存储与传输  1.4能源互联网的提出  1.5能源互联网的能源类型  1.6能源互联网的系统结构  1.7能源互联网的网络结构  1.8能源互联网的通信结构 | 2 | **作业：**结合学习内容和课后思考题进行复习。  **要求：**完成思考题 |  |
| 2-3 |  | 第2章 自能源 | 2.1自能源的概念与结构  2.2自能源的信息物理系统  2.3自能源的能量管理与协调控制  2.4自能源与能源市场 | 4 | **作业：**结合学习内容和课后思考题进行复习。  **要求：**完成思考题 |  |
| 4-5 |  | 第3章 能量的标度与梯级利用 | 3.1相关定义与定律  3.2能量的标度  3.3能量的量与质  3.4能源的特点  3.5能源的梯级利用  3.6总能系统的全息特性 | 4 | **作业：**结合学习内容和课后思考题进行复习。  **要求：**完成思考题 |  |
| 6-7 |  | 第4章 多能源转换路由器 | 4.1能源路由器总述  4.2电力能源路由器  4.3能源路由器中多能源网络接入  4.4多能源转换路由器——能量枢纽 | 4 | **作业：**结合学习内容和课后思考题进行复习。  **要求：**完成思考题 |  |
| 8-10 |  | 第5章 能源互联网的电力电子化 | 5.1能源互联网与电力电子技术  5.2 AC-DC整流器  5.3 DC-DC变换器  5.4 DC-AC逆变器  5.5 AC-AC变流器 | 6 | **作业：**结合学习内容和课后思考题进行复习。  **要求：**完成思考题 |  |
| 11-12 |  | 第6章 能源转换中的电能转换 | 6.1风力发电  6.2太阳能发电  6.3生物质发电  6.4燃气发电  6.5水力发电  6.6火力发电  6.7其他能源发电 | 4 | **作业：**结合学习内容和课后思考题进行复习。  **要求：**完成思考题 |  |
| 13-14 |  | 第7章 能源转换中的热能转换 | 7.1地热能  7.2余热能  7.3热泵技术  7.4热电联产技术 | 4 | **作业：**结合学习内容和课后思考题进行复习。  **要求：**完成思考题 |  |
| 15-16 |  | 第8章 能源互联网中的其他能源相互转换 | 8.1源头蓄能  8.2冗余电能转换  8.3可再生能源间的相互转换  8.4可再生能源制化石能源 | 4 | **作业：**结合学习内容和课后思考题进行复习。  **要求：**完成思考题 |  |
| 17-18 |  | 第9章 能量存储与传输技术 | 9.1能量存储技术  9.2储能技术在能源互联网中的作用  9.3能量传输技术  9.4其他形式的能量存储与传输 | 4 | **作业：**结合学习内容和课后思考题进行复习。  **要求：**完成思考题 |  |

**六、教材及参考书目**

1．孙秋野著. 能源互联网. 北京：科学出版社, 2015.10.

2．朱共山，徐拥军，曹军威，陈新国，张驰编著. 能源互联网技术与产业. 上海：上海科学技术出版社, 2017.04.

3. 朱永强，吴茜. 能源互联网. 北京：机械工业出版社, 2021.01.

**七、教学方法**

1. 讲授法：围绕课程的核心概念，如“能量的标度”、“固态变压器”等进行讲解。

2. 案例教学法：在各种技术讲解时，选择相应的案例，围绕案例进行讲解，组织学生主动分析。

3. 演示法：通过多媒体技术，利用当今便利的网络资源，搜索有用的图片资料及视频资料，使学生得到真实的感受，对一些生产的环节留下深刻印象。

**八、考核方式及评定方法**

**（一）课程考核与课程目标的对应关系**

**表4：课程考核与课程目标的对应关系表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核要点** | **考核方式** |
| 课程目标1 | 了解自能源的来源与在能源互联网中起到的作用 | 平时作业，期中考试，期末考试 |
| 课程目标2 | 了解能源互联网中能量的标度及梯级利用以及多能源转换的枢纽装置，掌握能源互联网的电力电子化趋势及关键技术 | 平时作业，期中考试，期末考试 |
| 课程目标3 | 了解多种能源之间的转换技术以及能源的存储与传输技术 | 平时作业，期中考试，期末考试 |

**（二）评定方法**

**1．评定方法**

平时成绩：20%，

期中考试：30%，

期末考试：50%

**2．课程目标的考核占比与达成度分析**

**表5：课程目标的考核占比与达成度分析表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **考核占比**  **课程目标** | **平时** | **期中** | **期末** | **总评达成度** |
| 课程目标1 | 40 | 40 | 30 | 分目标达成度={0.3ｘ平时分目标成绩+0.2ｘ期中分目标成绩+0.5ｘ期末分目标成绩}/分目标总分 |
| 课程目标2 | 40 | 50 | 30 |
| 课程目标3 | 20 | 10 | 40 |

**（三）评分标准**

| **课程**  **目标** | **评分标准** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **90-100** | **80-89** | **70-79** | **60-69** | **＜60** |
| **优** | **良** | **中** | **合格** | **不合格** |
| **A** | **B** | **C** | **D** | **F** |
| **课程**  **目标1** | 充分了解自能源的来源与在能源互联网中起到的作用 | 了解自能源的来源与在能源互联网中起到的作用 | 基本了解自能源的来源与在能源互联网中起到的作用 | 基本了解自能源的来源 | 未能自能源的来源与在能源互联网中起到的作用 |
| **课程**  **目标2** | 充分了解能源互联网中能量的标度及梯级利用以及多能源转换的枢纽装置，掌握能源互联网的电力电子化趋势及关键技术 | 了解能源互联网中能量的标度及梯级利用以及多能源转换的枢纽装置，掌握能源互联网的电力电子化趋势及关键技术 | 基本了解能源互联网中能量的标度及梯级利用以及多能源转换的枢纽装置，掌握能源互联网的电力电子化趋势及关键技术 | 基本了解能源互联网中能量的标度及梯级利用以及多能源转换的枢纽装置， | 未能了解能源互联网中能量的标度及梯级利用以及多能源转换的枢纽装置，掌握能源互联网的电力电子化趋势及关键技术 |
| **课程**  **目标3** | 充分了解多种能源之间的转换技术以及能源的存储与传输技术 | 了解多种能源之间的转换技术以及能源的存储与传输技术 | 基本了解多种能源之间的转换技术以及能源的存储与传输技术 | 基本了解多种能源之间的转换技术 | 未能了解多种能源之间的转换技术以及能源的存储与传输技术 |