



《风力发电机组控制技术》 联盟课程标准

课程负责人： _____ 李良君 _____

学 校： _____ 天津轻工职业技术学院 _____

新能源类专业教学资源库共建共享联盟课程指导小组

2018年2月4日



《风力发电机组控制技术》联盟课程标准

适用对象： 高职三年制

适用专业： 新能源类专业

课程类别： 岗位主干领域课程

修课方式： 必修

教学时数： 56

总 学 分： 3.5

一、课程的性质和任务

（一）课程定位

本课程是高职三年制新能源类专业的一门必修主干专业课程。通过本课程的学习，使学生了解并理解风力发电机的基础理论、PID 算法控制，了解风电场智能控制的现代控制理论，掌握定速定桨距风力发电机组、变速变桨距风力发电机组的基本控制要求与控制策略，理解控制系统执行机构及传感器的工作过程，以及风力发电机组的并网技术和供电质量控制方法，为学习后继课程以及从事本专业相关工作提供必要的理论基础与实践应用基础。

使学生在完成课程的同时，在创新意识、团队协作、交流表达、信息处理、分析问题与解决问题等各方面得到提高。

（二）学习领域目标

通过风力发电机组控制技术的学习，使学生掌握以下知识、专业能力、方法能力、社会能力等目标。

1. 专业能力目标

- (1) 根据不同风资源条件和风场环境条件，正确选择机型和工作参数的能力；
- (2) 根据风能资源条件和控制要求，正确制定不同类型风电机组控制策略正的能力；
- (3) 正确使用设备，对风力发电机组运行控制进行监测的能力；
- (4) 正确解读和绘制风电机组转速、功率曲线的能力。

2. 社会能力目标

- (1) 具有较强的口头与书面表达能力、人际沟通能力；
- (2) 具有团队精神和协作精神；
- (3) 具有良好的心理素质和克服困难的能力。

3. 方法能力目标

- (1) 能独立制定工作计划并进行实施；
- (2) 具有独立进行分析、设计、实施、评估的能力；
- (3) 具有获取、分析、归纳、交流、使用信息和新技术的能力；
- (4) 具有自学能力、理解能力与表达能力；
- (5) 具有将知识与技术综合运用与转换的能力；
- (6) 具有综合运用知识与技术从事程度教复杂的技术工作的能力。

(三) 前导课程

《计算机基础》、《电工电子技术应用》、《机械制图及 CAD》、《机械装配工艺》、《发电机原理》、《小型风电技术》、《风电场建设基础》、《PLC 应用技术》、《风电机组安装与调试》、《单片机控制技术》、《电机学基础》等。

(四) 后续课程

《实用变流控制技术》、《风电机组检测技术》、《风电场运维与检修技术》、《电场监控与调度自动化》等。



二、课程内容标准

(一) 章节划分及学时分配

章节			教学学时	
序号	章节名称	小节名称	课堂教 学时数	实践教 学时数
1	风力发电基础理论	1. 风力发电概述	2	
		2. 风力发电机的能量转换过程	2	
		3. 风轮的几何参数和空气动力特性	2	
		4. 简化的风力发电机理论	2	
2	控制理论基础	1. 风电机组控制的 PID 算法	2	
		2. 风电场现代控制理论简介	2	
3	定速定桨距风电机组	1. 定速定桨距机组的特点	2	2
		2. 定速定桨距机组的基本运行过程	2	
		3. 定速定桨距机组的控制策略	2	
4	变速变桨距风电机组	1. 变速变桨距机组的特点	2	4
		2. 变速变桨距机组的运行状态	2	
		3. 变速变桨距机组的控制	2	
		4. 变速与变桨功率控制	2	
5	控制系统的执行机构及传感 器	1. 制动机构	2	4
		2. 液压系统	2	
		3. 偏航机构	2	
		4. 变桨机构	2	
		5. 变流系统	2	



		6. 安全控制	2	
6	风力发电机组并网技术	1. 定速定桨距机组的软并网技术	2	
		2. 双馈异步机组的软并网技术	2	
		3. 永磁直驱机组的软并网技术	2	
		4. 供电质量控制	2	
小 计			46	10
合 计			56	

(二) 章节学习目标描述

第一章	风力发电基础理论	教学时间	第四学期
学习目标	1. 理解风力发电技术和基本的理论 2. 了解风电机组风轮及叶片的性能参数、空气动力特性、风力发电机的主要特性系数 3. 熟悉简化的风力发电理论		
教学内容	【知识点】 1. 风力发电技术和能量转换过程 2. 风力发电机组风轮及叶片的性能参数和特性 3. 简化的风力发电理论	【技能点】 1. 对照实物解读并理解风电机组叶片的性能参数 2. 在模拟机上进行风力发电理论的讲解。由老师对首组学生进行讲解,然后由学生依次为下一组同学进行讲解说明 3. 分析工作过程,提出改进措施,完成个人任务报告,撰写小组自评报告	

第二章	控制理论基础	教学时间	第四学期
学习目标	1. 理解风电机组的 PID 算法控制		



	2. 了解风电场智能控制理论如滑模变结构算法、神经网络控制策略、模糊控制理论、鲁棒控制理论等	
教学内容	<p>【知识点】</p> <p>1. 风电机组的 PID 算法控制</p> <p>2. 风电场智能控制的发展方向</p> <p>3. 风电场智能控制的主要现代控制理论：如滑模变结构算法、神经网络控制策略、模糊控制理论、鲁棒控制理论等</p>	<p>【技能点】</p> <p>1. 利用某个风电场的实际数据，模拟进行 PID 算法控制演练</p> <p>2. 利用网络，查询滑模变结构算法、神经网络控制策略、模糊控制理论、鲁棒控制理论等的最新发展进展</p> <p>3. 利用行业资源和网络资源，了解智能控制的新理论</p> <p>3. 分析工作过程，提出改进措施，完成个人任务报告，撰模拟写小组自评报告</p>

第三章	定速定桨距风电机组	教学时间	第四学期
学习目标	<p>1. 了解定速定桨距风力发电机组的特点</p> <p>2. 掌握定速定桨距风力发电机组的基本运行和控制过程</p> <p>3. 掌握定速定桨距风力发电机组的基本控制要求和控制策略</p>		
教学内容	<p>【知识点】</p> <p>1. 定速定桨距风力发电机组的风轮结构、桨叶的失速调节原理、叶尖扰流器、双速发电机、功率输出及其影响因素等；</p> <p>2. 定速定桨距风力发电机组的基本运行过程：待机状态、自启动及其条件、风轮对风、制动解</p>	<p>【技能点】</p> <p>1. 掌握攻角、失速点概念，画出攻角定义图、失速点确定图，理解攻角与气动效率之间的对应关系</p> <p>2. 通过图表、动画演示、模拟机或在校外实习基地实地观察，理解并阐述定速定桨距风力发电机组的控制要求、控制策略和控制过程</p>	



	<p>除、并网与脱网条件及实现步骤；</p> <p>3. 定速定桨距风电机组并网运行所必须具备的基本控制功能、并网方式、软切入、三相不平衡保护</p>	<p>3. 利用仿真软件、模拟机或在校外实习基地，观察风力发电机组的自启动、停机的动作步骤，观察并网与脱网的设备动作步骤，观察主要参数的变化情况，观察操作人员对故障的应对措施；</p> <p>4. 分析工作过程，提出改进措施，完成个人任务报告，撰模拟写小组自评报告</p>
--	---	--

第四章	变速变桨距风电机组	教学时间	第四学期
学习目标	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解变速变桨距风电机组的特点 2. 理解变速变桨距风电机组的运行状态 3. 熟知变速变桨距机组的控制要求、控制策略和控制方法 4. 掌握变速变桨距控制系统的工作原理和过程 5. 掌握变速变桨距控制下的功率控制 		
教学内容	<p style="text-align: center;">【知识点】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 变速变桨距风电机组的特点、变速变桨距结构、桨距角 2. 变速变桨距风电机组的运行状态、基本控制要求和控制策略、控制方法 3. 变速变桨距系统控制过程，变桨角度范围 4. 启动风速-额定风速-超额定风速-切处风速时变速变桨距风电机组的功率控制 	<p style="text-align: center;">【技能点】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 通过模拟机或仿真软件观察了解不同运行状态时的桨距角变化 2. 利用图表、动画演示、模拟机或在校外实习基地实地观察，理解并阐述变速变桨距风力发电机组的控制要求、控制策略和变桨控制过程 3. 在仿真软件或模拟机上实现变速变桨距控制 4. 分析工作过程，提出改进措施，完成个人任务报告，撰模拟写小组自评报告 	



第五章	控制系统的执行机构及 传感器	教学时间	第四学期
学习目标	1. 了解风电机组的执行机构 2. 掌握变流系统的原理、电路、控制要求和工作过程 3. 掌握风电机组安全链的特点、工作模式和控制过程		
教学内容	【知识点】 1. 制动机构、液压系统、偏航机构、变桨机构的作用、结构、特点和工作过程 2. 各执行机构传感器的种类、作用和信号传递过程 3. 变流系统的原理、电路、控制要求和工作过程 4. 安全链的特点、工作模式、控制要求和控制过程，风电机组的防雷保护	【技能点】 1. 利用图表、动画演示、模拟机或在校外实习基地实地观察，理解并阐述制动机构、液压系统、偏航机构、变桨机构的作用、结构、特点和工作过程 3. 在模拟机上实现拆装变速变桨距机构，充分理解电机驱动的变速变桨距过程 4. 在模拟机上进行偏航系统的对风和解缆操作，或在校外实训基地观察偏航系统的工作 5. 分析工作过程，提出改进措施，完成个人任务报告，撰模拟写小组自评报告	

第六章	风电机组并网技术	教学时间	第四学期
学习目标	1. 了解和掌握风电机组的软并网技术 2. 了解和掌握供电质量控制		
教学内容	【知识点】 1. 软并网的概念 2. 定速定桨距机组的软并网技术	【技能点】 1. 利用图表、动画演示或模拟机或在校外实习基地实地观察，理解并阐述软不同类型机组的并网技术	

	<p>3. 双馈异步机组的软并网技术</p> <p>4. 供电质量控制要求好控制技术</p>	<p>2. 理解并掌握风电供电质量的控制方法</p> <p>4. 分析工作过程，提出改进措施，完成个人任务报告，撰模拟写小组自评报告</p>
--	--	--

三、课程实施建议

(一) 课程教学模式

课程采用“项目+任务”的形式进行。在教学设计时，校企合作，选取典型的工作任务，充分利用合理的利用校内外实习实训条件，创设接近生产实际的学习情境，实现教、学、做一体化。教学过程中，改革以课堂和教师为中心的传统教学模式，由任务驱动，以学生为主，将理论知识学习、实践能力培养和综合素质提高三者紧密结合起来，融入工作过程当中。每个工作任务都包含“教”与“学”两个方面，教师只在其中起到引导、咨询及示范作用学生主动学习，搜集资料，讨论研究解决问题的方法和途径。为保证教学的顺利进行，为学生提供丰富的教学资源、网络课件、课堂实录、参考资料等各类学习资源以及仿真软件、设备清单、设备使用说明书、安全操作规程等实训资料。在情境设置时，每个步骤都尽量贴近真实工作过程。充分利用校外实训基地，实现企业与教学零距离，通过企业参观、现场实习，深入了解风力发电场建设内容。校内一体化教室划分出学习区域和实践区域，学生首先接受任务、查阅资料、并在老师的指导下讨论并制定方案，并在风电模拟实训室完成安装调试、控制运行。

(二) 教学方法

为了更好的引导学生积极思考、乐于实践，培养学生综合能力，结合课程内容和学生特点，突出以学生为主体，在教学过程中，以突出能力培养的“三主体联动，多层次递进”的课程体系为基础，采用小组讨论，团队协作的方式，根据教学情境具体要求，应综合运用操作演示、实例分析、分组讨论、头脑风暴、鼓励、启发、引导等多种教学方式。在教学过程中，引入对口职业资格证书、开发相关教学资源，依托校外实训基地和大型风力发电机模拟实训平台、小型风力发电机实物、现场视频录像、多媒体课件、网络教学等各种手段，优化教学过程，提高教学质量和效果。

(三) 教学条件

应具有能满足基于工作过程导向的教学要求的实验、实训场所，多媒体教学设备及配备相应的实验实训仪器、设备。

1. 标准与规范

实训室的布局围绕着一个思路，即“教”、“学”、“做”合一。有教师自主研发的教学培训装置，实训教学组织与企业培训接近企业现场。

2. 教学设施

风电基地地形地貌及风场分布沙盘、Wasp9.0 或 WindFarmer 软件、风机零部件组装实训装置、风机运行控制实训装置及多媒体设备。

3. 实训条件

满足学校风电专业学生和企业员工进行风电场建设实践操作实训

四、课程考评方法

本课程采用任务驱动教学法，为实施过程考核提供了条件。采用过程考核（任务考核）与课程考核（期末考评）相结合的方法，强调过程考评的重要性。过程考核占 70 分，课程考核占 30 分(具体见下表)，取代了依靠一次期末考试来确定成绩的方式。

课程考核表

考核方式	过程考核（任务考核）		课程考核（期末考评）
	素质考核	任务单考核	
	10%	60%	30%

考核实施	由指导教师根据学生表现集中考评	由指导教师根据学生完成的工单任务情况考评	按照教考分离原则，由学院教务处组织考评。
考核标准	根据遵守设备安全、人身安全和生产纪律等情况进行打分 10分	预习内容 10分 项目操作过程记录 10分 任务方案正确 15分 工具使用正确 5分 操作过程正确 15分 任务完成良好 5分	建议题型：单向选择、多项选择、判断、问答题、论述题

(一) 素质考核

素质考核由指导的考核教师完成，素质考核总分为 10 分。参考以下考核表进行考核：

学生素质考核表

考核日期		考核者		
被考核者姓名		考核分数		
考核要素				
言行举止和纪律性	体现学校形象和个人素质；良好的精神面貌和工作心态；关心同学；无迟到、早退、旷课和违反各种安全制度行为	很出色	10	
		较强	8	
		一般	6	
		较差	4	
		极差	2	
责任感	清楚自己任务要求；对小组的任务关注和积极参与；工作有始有终；正确面对工作失误，勇于承认错误和承担责任	很出色	10	
		较强	8	
		一般	6	



		较差	4
		极差	2
进 取 心	学习充满热情和自信不断给自己严格要求自 己；积极学习和贯彻执行各项制度；及时 提出合理化建议。	很出色	10
		较强	8
		一般	6
		较差	4
		极差	2
改善工 作意识	结合自己的任务，主动查漏补缺；能开动 脑筋，主动提出、接受并推广先进的工作 方法；掌握学习的技巧	很出色	10
		较强	8
		一般	6
		较差	4
		极差	2
合 作 性	具有团队合作意识；为同学们提供尽可能的 协助；能虚心接受他人的意见和建议；乐 意贡献自己的聪明才智	很出色	10
		较强	8
		一般	6
		较差	4
		极差	2
最后考核得分			
被考核者签名			

(二) 任务单考核

每个学习任务有学生学习的任务工单，考查学生完成任务工单的情况。参考任务工单考核表进行。

任务单考核=成果评定×60%+学习过程评价 30%+团队合作评价 10%

1. 成果评定=自我评分分值 20%+班组评分分值×30%+教师评分分值×50%。

2. 学习过程评价=自我评分分值 20%+班组评分分值×30%+教师评分分值×50%。

3. 团队合作评价=自我评分分值 20%+班组评分分值×30%+教师评分分值×50%。

(三) 成绩计算

成绩=素质考核成绩总和/15+ (任务单考核成绩总和/15) *60%+期末考核成绩*30%。

期末考核方式可以采用线上测试试卷+综合项目考核、线下实操考核或具有课程特点的其他考核方式。

证书示例：



图 《风力发电机组控制技术》课程结业证书

五、教材及参考资料

(一) 教材

自编讲义



(二) 参考资料

叶杭冶. 风力发电机组的控制技术. 北京: 机械工业出版社, 2015

叶杭冶. 风力发电机组监测与控制. 北京: 机械工业出版社, 2011

霍志红. 风力发电机组控制. 北京: 水利水电出版社, 2014

任永峰,安中全,李静立,张明明,关勇等. 双馈式风力发电机组柔性并网运行与控制. 北京: 机械工业出版社, 2011

国家质检总局,国家标准化管委会. GB/T 19069-2003 风力发电机组控制器技术条件

制定人: 李良君

审 核: 新能源类专业教学资源库共建共享联盟

课程指导小组