

基于 OBE 理念的电力系统数字仿真课程建设

张文豪 袁登科 朱琴跃 方春华

(同济大学电气工程系, 上海 201804)

摘要: 电力系统数字仿真课程的目标是满足学生在电力系统及其相关领域的科研需求和未来工作需求。本文根据“学习产出”导向的 OBE 理念, 依据课程要达成的人才培养目标, 设计了课程进阶式学习模式和全过程考核评价方式, 通过贯穿教学全过程的多样化综合性评价方法对学生的学习效果开展评价, 建立起一个基于课程实施全过程的学生个人总结性画像的教学效果评价反馈机制。

关键词: OBE 理念; 电力系统数字仿真; 进阶式学习; 全过程考核

随着高等工程教育的不断推进, 本科生的创新与实践能力的培养得到了越来越多的关注, 不同的高校由于自身定位的不同, 对本科生的能力也有不同的侧重。我校要求本科生具备“通专基础、学术素养、创新思维、实践能力、全球视野和社会责任”的综合特质, 因此在课程的设置和开展过程中, 对创新实践能力和科学研究能力给予了较高的要求, 电气工程及其相关领域的产业需要和社会需要也对本科生的培养提出了相应的要求。

仿真, 作为认识世界的手段, 近年来得到了广泛的应用, 特别是对于电力系统这样的高电压、大电流、大规模等的系统来说, 数字仿真更是成为必不可少的工具。本文根据工程教育“产出要求”的理念, 从学生的科研要求和工作需要出发, 设计电力系统数字仿真的课程建设和设置课程目标, 再依据课程的教学目标确定本课程的具体知识单元, 确定进阶式能力提升路径, 建立以过程考核为主的构建学生个人能力画像的教学效果评价机制。

一、课程建设思路

1. 课程教学目标: 基于 OBE 的教育模式中, 需要根据学校的办学定位和育人理念、专业的人才培养目标和社会需求来制定相应课程的教学目标。电力系统数字仿真是一门要求理论分析与工程应用相结合, 重在应用的课程, 满足科研需求和未来工作需求的产出为导向。要求初步掌握仿真软件在电力系统数字仿真中应用的方法与技巧, 能够对复杂电气工程问题给出解决方案, 加以论证、陈述、答辩、撰写报告。

2. 课程知识模块: 围绕明确的教学目标, 进一步设计教学内容, 明确电力系统数字仿真的具体内涵和覆盖的知识点, 明确各知识点对于实现预期教学目标的贡献及程度, 确定当前社会对现代仿真工具的使用需求, 明确学生在知识掌握中的发挥主观能动性, 确保教学效果的可操作性。教学内容部分由任课教师提前制定, 并和学生一起讨论, 请学生选择根据自己对电力系统感兴趣的方向或在未来就业、深造等拟用到的内容。由于学生的前修知识掌握情况和未来的发展规划各有差异, 因此, 需要在教学开展过程中全面考量。

3. 课程教学方法: 对于电力系统数字仿真的课程, 要求以学生实际操作、开展多种仿真实践为手段展开课程教学, 教师的讲解处于次要地位, 而且教师讲解的环节在过去课程当中证明教学效果不理想, 因此, 进一步探索以学生为中心的课程教学方法,

不仅要让学生掌握仿真的方法, 熟悉仿真工具, 更重要的是让学生了解为何要开展仿真分析, 仿真分析的目的以及仿真分析与工程实际之间的关系。因此, 第一阶段让学生根据简单的电力系统案例, 收集数据, 建立模型, 从而熟悉仿真工具; 第二阶段, 分专题选择较为复杂的电力系统工程问题, 根据已有算法进行建模分析, 达成结果; 第三阶段, 按照小组分课题, 建立模型、分析结果、撰写论文, 最终完成一篇具有一定水平的学术论文, 作为该课程的学习成果。

4. 教学效果评价: 当前的教学评价主要由两部分构成: 一是学生学习效果评价, 主要通过作业、测试和期末考试等组成; 二是教师教学效果评价, 主要由学生填写学校的调查问卷形式和督导听课等方式完成, 两者构成简单的闭环。但显然, 对于学生的评价从 OBE 理念来看还不够, 需要针对学生在仿真课程当中的每一次仿真建立过程控制, 对学生的每一次“学习产出”进行评价, 通过预习任务、课堂任务、课后作业、分组研究、论文报告等贯穿教学全过程的多样化综合性评价方法对学生的学习效果开展评价, 进而形成课程实施全过程的学生个人总结性画像。

二、课程实施形式

本课程基于 OBE 工程教育理念, 以同济大学电气工程专业学生为对象的项目式培养教学实践, 结合项目式教学培养目标, 对教学内容、教学方法及考核方式等方面开展课程建设。

1. 课程改革实施方案

为了实现成果产出为导向, 将课程分为四个阶段,

(1) 认识仿真: 要求学生从认识论角度了解仿真的必要性, 了解仿真软件的类型并熟悉常用的仿真工具, 掌握建模仿真的方法;

(2) 引导入门: 熟悉掌握电力系统基本模型, 熟悉并掌握电力系统基本模型及其仿真方法;

(3) 指导进阶: 完成教师指定的电力系统复杂问题仿真分析, 掌握复习系统的建模方法, 能够对仿真结果的正确性开展分析

(4) 自主提升: 根据未来发展规划自主选择仿真项目选题, 实行分组合作, 开展文献调研、理论分析、建模仿真、结果分析、撰写论文并开展论文答辩, 要求在每个过程中逐步培养学生探索问题、发现问题、解决问题的能力, 辅助学生成长, 实现学生培养的过程控制。

表 1 电力系统数字仿真项目安排

	上课内容
概论	电力系统数字仿真的用途、分类以及通用软件
入门单元	介绍电力系统主要构成元件的数学模型
	熟悉 MATLAB/Simulink 库文件与基本操作
	同步电机特性仿真
	输电线路特性仿真
	电力线路序分量分析
	半波整流、全波整流等电力电子回路仿真

进阶单元	输电线路过电流保护建模仿真
	中性点非接地配电系统故障特性仿真
	输电线路故障测距算法分析与仿真
	电力有源滤波器 (APF) 建模仿真
	含 STATCOM/SVC 的电力系统运行特性仿真
提升单元	师生讨论决定

2. 项目组织形式及评价设计

课程组织如图 1 所示。课前发布学习资料，上课通过提问等形式确认学习情况，课堂仿真任务包含表 1 中的入门单元和进阶单元，在课堂任务之外安排有课后拓展的作业，要求每位同学都必须完成。提升单元采取学生分组、团队协作的形式，由 3~4 名学生组成一个小组，小组负责人在教师的辅导下，组织完成自主选题、仿真任务分解和人员分配。

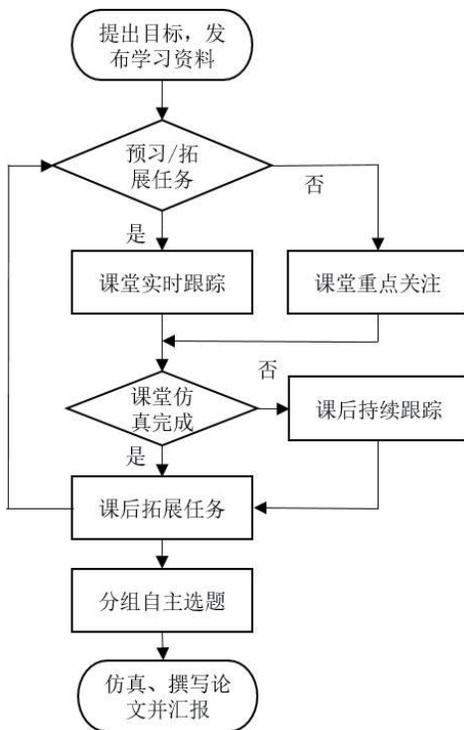


图 1 课程组织形式

从图 1 可以看到，基于 OBE 理念的教学模式是个渐进式进阶的过程，需要在每一个阶段都对不同的学生以及不同的能力开展评价，并在最后阶段进行整体效果评估，从而保证所有学生都达到相应的毕业要求。表 2 展示了本课程最后提升阶段学生的部分自主选题，可以看到均为前修课程知识的拓展性研究与实践。

表 2 提升单元学生的部分自主选题

题目	内容
1	变压器差动保护动作特性的仿真研究
2	基于 MATLAB 的双机系统暂态稳定性仿真与分析
3	基于小波变换的小电流接地系统单相接地故障选线研究
4	基于小波分析的低压舰船故障选线方法
5	基于改进小波变换的电力谐波检测方法研究
6	风力发电与光伏发电并网 MATLAB 仿真
7	基于 MATLAB 的光伏发电系统仿真研究

8	直驱永磁风力发电系统仿真分析
9	带自动重合闸的阻抗保护仿真分析
10	基于单端行波的电力系统故障判别与测距
11	电力系统纵联差动保护与自动重合闸
12	孤岛微电网系统仿真

3. 课程教学效果评价

教学效果评价机制的制定至关重要，在教学过程中对学生的能力做到实时监控，包含预习情况 (10%)，课堂完成情况 (20%)，课后完成情况 (20%)，自主选题研究 (50%) 共 4 部分组成。其中，自主选题研究严格按照创新性 (10%)、课题方案 (40%)、规范性 (10%)、陈述 (20%)、小组评价 (20%) 等多方面来加以评价，小组评价由组长组织评定，取决于组员的分工协作完成情况。经过入门、进阶和提升三个阶段，学生能够掌握建立电力系统数学模型的方法并利用仿真工具建立仿真模型，对电力系统及其相关领域的复杂工程问题也能够开展分析、提出解决方案、撰写报告并陈述。

三、结语

本文从未来就业和科学研究的需求出发重新设计了电力系统数字仿真看得出的课程实施方案，以学习产出为导向的课程目标和以全过程考核的教学过程设计可以保证学生完成分步进阶式学习任务，最终通过分工写作完成项目式自主选题、撰写论文并通过答辩。课程不仅培养了学生的学习主动性和创新性，同时提升了其团队协作能力，并以显著成果体现了给予 OBE 理念的教学效果。

参考文献:

[1] 张丽华, 卫泽. 澳大利亚 TAFE 学院实践教学体系的构建及其启示 [J]. 太原: 教育理论与实践, 2017, 37 (15), 47-49

[2] 李志义. 成果导向的教学设计 [J]. 中国大学教学, 2015, (3): 32-33+36.

[3] 范圣法, 黄婕, 张先梅, 徐立功. 基于“产出导向 (OBE)”理念的本科教学培养体系探究 [J]. 教育理论与实践, 2019, 39(24): 6-8

[4] 顾佩华, 胡文龙, 林鹏等. 基于“学习产出” (OBE) 的工程教育模式——汕头大学的实践与探索 [J]. 高等工程教育研究, 2014 (1): 27-28.

[5] 赵毅, 崔良乐. 基于 OBE 教学模式的硕士研究生课程改革——以《应用随机过程》课为例 [J]. 亚太教育, 2015 (34): 149-150.

[6] 孙玲玲, 王宁, 梅林, 谢平. 基于 CDIO 理念的电力系统综合实验教学改革 [J]. 教学研究, 2017, 40 (03): 97-101.

[7] 梅林, 孙玲玲, 钟嘉庆, 张楠. 新工科背景下电力系统综合实验教学改革 [J]. 实验室研究与探索, 2021, 40 (08): 145-149+158.