

新工科下电力系统课程综合实践能力提升

王小君 张大海 刘 翌 张 放 罗国敏

(北京交通大学 电气工程学院, 北京 100044)

摘要:随着新工科建设的开展,如何提高实践环节的质量和成效成为各高校关心的热点问题。探索了电力系统方向实践课的设置和教学方法,分析了北京交通大学实践课存在的不足,推出综合能源+电气、人工智能与大数据+电气、交通+电气等学科交叉领域的实践课设置方案,并在电气化交通特色领域结合虚拟仿真技术开展实践教学。

关键词:电力系统;实践教学;多学科交叉

中图分类号:G427

文献标识码:A

文章编号:1008-0686(2022)06-0156-04

Improvement of Comprehensive Practical Ability of Power System Course under the Background of New Engineering Disciplines

WANG Xiaojun ZHANG Dahai LIU Zhao ZHANG Fang LUO Guomin

(School of Electrical Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: With the development of new engineering construction, how to improve the quality and effectiveness of practice has become a hot issue concerned by colleges and universities. This paper explores the setting and teaching methods of practical courses of power system major, and analyzes the shortcomings of practical courses in Beijing Jiaotong University. It puts forward the setting scheme of practical courses in the interdisciplinary fields of comprehensive energy + electricity, artificial intelligence and big data + electricity, transportation + electricity, and carries out practical teaching in the field of electrified transportation characteristics combined with virtual simulation technology.

Key words: power system; practice teaching; interdisciplinary

电气工程是国民经济发展的基础学科,近年来计算机和人工智能的发展,给电力系统的规划、运行、保护与控制都带来了新的挑战。2017年2月以来,教育部积极推进新工科建设,先后形成了“复旦共识”“天大行动”和“北京指南”,并发布了《关于开展新工科研究与实践的通知》《关于推进新工科研究与实践项目的通知》,全力探索形成领跑全球工程教育的中国模式、中国经验,助力高等教育强国建设。传统的理工科教育不再停留在单一的学科内部,而是通过加强科学、技术、工程、数学等学科之间的联系,打破学科壁垒,采取更加灵活的学习方式,让学习者在真实情境下开展深度学习和实践,有利于高水平科技人才的培养。

一直以来各高校都注重电力系统方向的实践环节,重点是如何在有限的课时学分内提高实践环节的质量和成效。华北电力大学通过结合 STEM (Science, Technology, Engineering and Mathemat-

ics)教育内涵和“新工科”的建设要求,基于十校“电气工程及其自动化”培养方案的实证调查,探讨传统工科专业的改造升级问题,重点考察“实践能力、创新创业能力和跨界整合能力”在人才培养目标以及课程体系中的贯彻情况^[1]。华中科技大学制定了解决复杂工程问题的学年递进式培养要求,并通过对工程实践课程和学科知识课程进行改革与重组,从课程群建设、知行一体化建设、课外实践活动与课堂教学一体化建设三个方面进行深入思考,构建出一个复杂工程问题解决能力递进式培养的一体化课程体系,形成对培养要求的完全支撑^[2]。安徽大学开展面向新工科的电气工程专业教学模式探索与实践,从实践教学体系、校企合作等方面进行了改进^[3]。其他高校从实践师资队伍建设、基础设施建设、加强师生互动及产教融合等方面初步分析了面向新工科电气工程及其自动化专业实践教学改革与探索^[4]。面向工程问题解决

收稿日期:2021-05-14;修回日期:2021-11-04

基金项目:北京交通大学高校教学研究项目;国家自然科学基金项目(51977005)

第一作者:王小君(1978—),男,博士,教授,主要从事新能源接入与智能电网、综合能源利用方面的研究工作,E-mail: xjwangl@bjtu.

edu.cn

能力培养的教学模式,建立以“解决复杂工程问题”模式为核心的自动化类专业实践教学[5]。提出适应新工科建设要求,在产教融合建设中从实践教学环节、“双师型”教师培养、专业群建设和校企合作等方面进行重构优化,充分发挥高校特色[6]。

从整体上看,各个学校结合自身的毕业要求和培养目标,在实践环节开展了较多的尝试与探索,具有各自的特点。但对于新工科建设,各高校建设重点仍在于交叉学科专业与课程的建设,对面向新工科背景下的交叉学科结合的实验与实践环节探索目前仍比较少,因此通过实验与实践环节开展电力系统自动化专业与计算机学科、人工智能学科融合的教学探索,并在清洁能源和双碳目标下增加能源互联网的实践具有重要意义。

1 国内高校实践环节调研

调研了国内电气工程学科两所 A+ 高校(清华大学和西安交通大学)、两所 A 类高校(华北电力大学和华中科技大学)的电力系统方向实践环节。具体调研结果如下:

清华大学电气工程及其自动化专业的实验和实践环节更加注重夏季学期和实践训练环节,达到了 10 学分,共计 11 周;而在课程内的实验和实践中设置的学分学时较少,其中学生自主发展课程中仅设置 3 学分。

西安交通大学电气工程及其自动化专业的实验和实践环节更加注重集中实践环节,其必修课和选修课安排比较平均,而在集中实践环节设置的学分学时较多。

华北电力大学电气工程及其自动化专业的实验和实践环节更加注重课程内的实验和实践,其必修课中就达到了 20 学时,而在集中实践环节设置中设置的学分学时较少。

从华中科技大学电气工程及其自动化专业的实验和实践环节可以看出,其在电力系统方向相关的实验和实践环节设置的学分学时较少,且更加注重选修课程内的实验和实践。

总的来看,上述四所大学在实践类课程教学方面都比较重视,尤其以西安交通大学和华北电力大学为代表。西安交大和华北电力大学的课内实践和集中实践分工很细,且学分占比较高。西安交通大学集中实践学分占比 15%,华北电力大学集中实践学分占比 16.71%。相比而言,清华大学和华中科技大学的集中实践环节较少。清华大学集中

实践学分占比 5%,而华中科技大学集中实践学分占比 9.8%。清华大学更加注重学生的理论教学和课内的实践教学,讲究理论与实践相结合、相指导。而其他学校实践类课程学分占比明显较高,注重对学生实践能力的培养。

2 电力系统方向实践薄弱环节分析

2.1 实践课基本情况

在教育部推进建设“新工科”的背景下,北京交通大学电气工程学院提出了“厚基础、重实践”的教学指导政策,在培养大纲中大幅增加电力系统方向的实践环节,并从 2019 秋开始,增设了“电力系统仿真软件应用实践”“电力系统方向专业实训”两门科研实践类课程。总体包括:课程实验(电力系统分析、继电保护),课程设计(电力系统课程设计、专业综合设计)和科研实践(电力系统仿真软件应用实践、电力系统方向专业实训)3 个层次。通过 3 个层次的实践环节提高了学生解决复杂工程问题的能力,对毕业要求形成了强有力的支撑。

但是,目前电力系统方向实践环节也存在缺乏系统顶层设计的问题。课程实验、课程设计和科研实践 3 个层面的实践内容基本为依托课程设置,与其他学科的交叉不足,难以满足新工科背景下的工程教育要求。

2.2 实践课存在的问题

分析了每门课程的实验和实践内容和课时设置,并以近几年教学反馈后得到的课程目标达成度表为数据基础,以任课教师课程教学反馈为经验基础,以电气工程专业培养方案及毕业指标点为评价手段,来分析电力系统方向实践的薄弱环节和亟需改进的部分。

以实践课对某个毕业要求指标点 x 的支撑加权分数为例,加权分数 S_x 按下式计算:

$$S_x = \frac{\sum C_i S_i}{\sum C_i} \quad (1)$$

其中: C_i 为与毕业要求指标点 x 相关第 i 门课程的学分, S_i 为该门课程的学生平均成绩。

根据以上计算方法,2019-2021 届(即 2015-2017 级)本科生的电力系统方向实践课对各毕业要求指标点的支撑加权分数分别见图 1、图 2 和图 3。

通过分析,发现目前实践教学安排虽然能够较好支撑各毕业要求指标点,但存在以下问题:

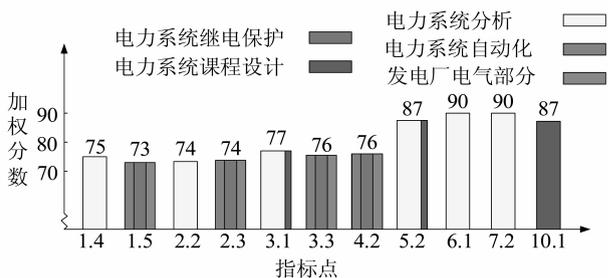


图1 实践课对 2019 届毕业要求指标点的支撑

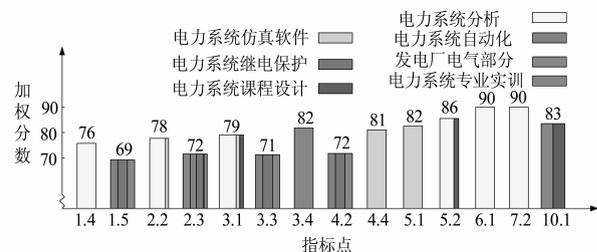


图2 实践课对 2020 届毕业要求指标点的支撑

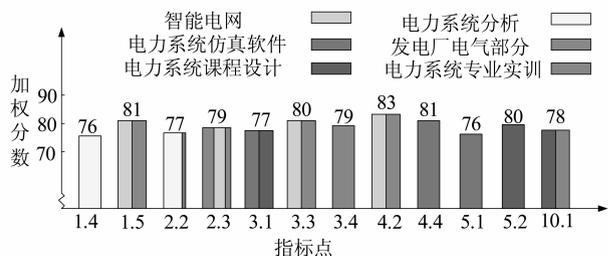


图3 实践课对 2021 届毕业要求指标点的支撑

1) 毕业指标点不统一

各个课程的实验与实践之间缺乏面向毕业指标点的统一协调。例如,同样是电力系统仿真软件实践课,使用 ETAP 的课堂和使用 PSCAD 的课堂支撑点指标点却不一致。ETAP 课堂支撑 2.2、4.4,而 PSCAD 课堂支撑 3.1、5.1,需重新梳理。

2) 教学内容存在重复

例如学生在第六学期时,关于潮流计算的实验会分别出现在电力系统分析、电力系统课程设计、电力系统仿真软件应用实践三门课程中,且分别使用 DDRTS、Matlab、ETAP/PSCAD 软件。

3) 学生实践时间不足

在实际授课过程中,存在部分情况下讲授时间较长,学生实践动手参与时间不足的情况。实验教学与传统授课教学的主要区别之一就是探究式教学,允许学生试错。应体现探究式教学理念,让学生在试错的过程中自主归纳总结,自主学习。

3 电力系统方向实践优化方案

根据新工科背景下电气工程学科的发展趋势

及北京交通大学的优势特色,可从两个方面对电力系统方向实验与实践环节进行优化。一是新工科背景下学科交叉。二是新工科背景下教学方式与手段。

3.1 综合能源系统 + 电气工程方向

如今电力系统方向的发展日新月异,在上机实验选题上不能局限于电力系统潮流计算,可以引入能源互联网、综合能源系统、碳达峰碳中和等热点话题,从而丰富实践课的选题和实践方法。

1) 能源互联网

让学生用传感器、控制和软件应用程序,模拟将能源生产端、能源传输端、能源消费端的个别设备、机器、系统连接起来,搭建能源互联网的“物联基础”。

2) 综合能源系统

让学生进行编程,对能源的产生、传输与分配(能源网络)、转换、存储、消费等环节进行有机协调与优化后,形成的能源产供销一体化系统,初步掌握综合能源系统的相关概念。

3) 碳达峰碳中和

安排学生进行简单的方案设计,充分发挥电力系统大数据优势,结合能源行业内外业务需求,探索构建碳排放精确感知、指标预测与评价体系,发挥电力大数据在服务环保监测、行业分析和电力系统精益管理方面的应用潜力。

针对上述选题,组织相关的实验、实践竞赛,引导学生将所学的电力系统、数学知识、编程技巧进行综合应用,通过专家评定和结果展示、答辩,对出色完成相关课题的小组进行奖励,进一步激发学生参与的兴趣。

3.2 人工智能与大数据 + 电气工程方向

人工智能本身是一个非常广泛的领域,涵盖很多学科。结合电气工程专业教学,人工智能与大数据方向的实践课程将在介绍基本原理基础上,针对电气工程领域中人工智能和大数据技术的相关应用实例进行实践。人工智能与大数据实践类课程的学习将在电气工程相关领域或计算机应用等领域,培养学生从事工程设计、系统分析、信息处理等工作时必要的实践能力和素养。

在人工智能和大数据实践环节中,将提高学生以下几方面能力:

1) 人工智能算法设计与实现

能够在数学基本原理和人工智能算法原理基础上,由浅入深地逐步验证各类人工智能技术,了解人工智能技术解决问题的思路及技术方案的演

变过程;能够针对实际问题选取合适的人工智能算法进行设计和适应性改进,最终应用计算机编程方法实现人工智能算法,提高针对大数据的计算效率。

2) 信息共享与分工协作

通过对人工智能及大数据技术的编程实现,提高与其他学科的成员共享信息并协作实现算法的能力,训练协作工作方式,培养学生的职业道德和操守,以教会学生如何做人、如何做事为目标,潜移默化地影响、教育学生。

3) 自主学习和终身学习

通过对人工智能及大数据技术的演变过程的复现和实践,理解社会的进步、技术的更新对于知识和能力的影响和要求,并在此基础上能够认识到不断学习与探索的必要性,并研讨、探索改进人工智能算法,具备自主学习的能力和终身学习的意识。

3.3 虚拟仿真+电气工程方向

为实现我国交通、能源、环保等多方面统一,构建未来可持续发展的综合交通运输体系,中共中央、国务院印发《交通强国建设纲要》,提倡优化交通能源结构,大力发展以电能为动力的城市轨道交通和电动汽车。绿色智慧交通将给整个交通、能源乃至人类社会的发展带来巨大影响。然而,城市电气化交通系统与电网之间存在相互影响,开展城市电气化交通系统高效用能技术教学,培养相关人才势在必行。

鉴于此,依托交通运输工程国家级重点学科、轨道交通电气化国家级特色专业、轨道牵引电气化国家首批卓越工程师计划专业、北京交通大学-北京市地铁运营公司国家级工程实践教育中心、轨道交通控制与安全国家重点实验室、北京市轨道交通电气工程技术研究中心、电力牵引教育部工程研究中心,电气工程学院建设了城市电气化交通系统高效用能虚拟仿真实验项目,利用虚拟仿真技术通过人机交互模拟城市电气化交通系统高效用能过程,并集成后台算法模拟再现轨道交通能量回收利用、电动汽车有序充电等工程场景,提高学生专业兴趣和理论联系实际的能力。

1) 认知基本原理

城市电气化交通系统结构和主要电气设备工作原理认知,培养学生的总体认知及设备识别能力,一定程度上代替现场的实习实践。

2) 实践中发现问题

在虚拟仿真实验中强化学生对城市电气化交通系统高效用能的方法认识,树立重视实践、关注数据、尊重客观规律的理念,锻炼学生从运行中发现问题、总结规律的能力。

3) 学科交叉与创新思维

在电气-交通学科交叉方面,培养学生的科研兴趣及创新思路,提升学生解决城市电气化交通系统工程问题的能力,并拓展专业视野。

4 结语

根据新工科建设需要,探索电力系统方向实践课的设置和教学方法,为此调研了国内外重要高校的实践课现状,分析了北京交通大学实践课在设置和执行中存在的不足,并介绍了综合能源+电气、人工智能与大数据+电气、交通+电气等学科交叉领域的实践课设置方案,以及电气化交通虚拟仿真成果。

参考文献

- [1] 白逸仙,柳长安,艾欣,等. 工程教育改革背景下传统工科专业的挑战与应对——基于十校“电气工程及其自动化”培养方案的实证调查[J]. 高等工程教育研究, 2018(3): 53-62.
- [2] 韩婷,李红斌,文劲宇,等. 培养复杂工程问题解决能力的一体化课程体系——华中科技大学电气工程及其自动化专业改革[J]. 高等工程教育研究, 2018(2): 52-59.
- [3] 过希文,李国丽,陈权,等. 面向新工科的电气工程专业教学模式探索与实践[J]. 中国电力教育, 2019(8): 57-59.
- [4] 高严. 面向新工科电气工程及其自动化专业实践教学改革与探索[J]. 教育现代化, 2019, 6(A5): 111-112.
- [5] 李睿,曹荣敏,于镝. 培养解决复杂工程问题能力的新工科实践教学研究[J]. 教育教学论坛, 2020(13): 84-85.
- [6] 熊欣. 新工科下电气专业产教融合建设探讨——以大理大学为例[J]. 大学教育, 2020(1): 71-73.