



电机课程群实验教学体系的构建与实践

李 静, 刘喜梅, 于沙家*

(青岛科技大学 自动化与电子工程学院, 青岛 266061)

摘要: 实验教学是实践育人体系的重要环节, 按照新工科建设要求和工程教育专业认证培养理念, 探索电机课程群实验教学改革。针对不同专业, 设计多层次递进式实验教学项目, 优化实验教学内容; 突出以学生为主体, 建设实验教学网络教学平台、开发虚拟仿真实验软件, 实施混合式实验教学, 拓展实验教学的广度和深度; 以实习、科技竞赛为工程背景形成工程案例, 促进实验教学与工程实际相融合, 构建了“以学生为中心, 信息化技术为配套, 工程案例为背景”的新工科电机课程群实验教学体系。经过 3 年的实践, 取得了良好的实验教学效果, 有效提升了学生的实践能力、创新能力和解决复杂工程问题的能力。

关键词: 新工科; 电机课程群; 实验教学体系; 网络教学平台; 工程能力

中图分类号: G642.0

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20220252

Construction and Practice of Experimental Teaching System of Electric Machines Course Group

LI Jing, LIU Ximei, YU Shajia*

(College of Automation & Electronic Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266061, China)

Abstract: Experimental teaching is an important link of practical education system. According to the requirements of new engineering construction and the concept of engineering education professional accreditation, the experimental teaching reform of electric machines course group is explored. According to different majors, multi-level progressive experimental teaching projects are designed to optimize the experimental teaching content. It focuses on students, building experimental network teaching platform, developing virtual simulation experimental software, implementing hybrid experimental teaching, the breadth and depth of experimental teaching are expanded. Taking practice and science and technology competition as the engineering background, engineering cases are formed to promote the integration of experimental teaching and engineering practice, and a emerging engineering education electric machines course group experimental teaching system of “student-centered, information technology as the supporting, engineering cases as the background” is constructed. After three years of practice, good experimental teaching results have been achieved, and students’ practical ability, innovation ability and ability to solve complex engineering problems have been effectively improved.

Key words: emerging engineering education; electric machines course group; experimental teaching system; network teaching platform; engineering ability

“复旦共识”“天大行动”“北京指南”是新工科建设“三部曲”, 开拓了工程教育改革新路径, 在新工科背景下, 积极探索工程教育人才培养新模式, 不断完善各专业人才培养体系, 2020 年青岛科技大学自动化专业、电气工程及其自动化专业分别获批国家及省一流本科专业建设

点, 并通过中国工程教育专业认证。

“电机及拖动基础”“电机学及拖动基础”“电机学”是 3 门电机相关课程, 构成电机课程群, 分别面向自动化、电气工程及其自动化和智能电网信息工程 3 个专业。实验教学是该课程群的重要实践教学环节, 决定了学生对理论知识的

收稿日期: 2022-04-28; 修回日期: 2022-12-02

基金项目: 山东省教学改革重点项目(Z2022329); 教育部产学合作协同育人项目(220503924164618); 教育部产学合作协同育人项目(220400782263514)。

作者简介: 李静(1982-), 女, 硕士, 高级实验师, 主要从事电机控制、电机拖动课程教学工作。

*通信作者: 于沙家(1986-), 女, 硕士, 助理实验师, 主要从事实验教学工作。E-mail: 122521076@qq.com

理解、应用和专业实验能力的掌握。

按照新工科建设和工程教育专业认证培养理念,从实验教学内容、实验模式、实验方法等方面构建新工科电机课程群实验教学体系,促进课程两性一度建设^[1]。该实验教学体系包含3门电机相关课程的实验教学内容,能够同时满足3个专业实验教学要求,并使课程教学更加突出专业的特点和培养目标,课程内容更加具有前沿性,切实提高学生的工程实践能力和解决复杂工程问题能力。

1 设计多层次递进式实验教学项目,建设电机课程群项目库

依据自动化、电气工程及其自动化及智能电网3个专业的特色和培养目标,重新制定实验教学目标,将学科前沿新技术融入实验教学,设计多层次递进式实验项目^[2],建设电机课程群项目库,不同专业按照专业培养要求在项目库中选择相应实验项目。目前,电机课程群项目库包含6个实验项目(如表1所示),其中综合性实验项目2个、设计性实验项目4个,实验指导书内容编写上增加了实验项目相关的理论知识,所有实验项目需要学生根据实验目的及要求运用理论知识独立设计实验电路及实验步骤,解决了过去实验教学偏重机械操作,设计和实践创新能力不足,工程思想方法培养欠缺等问题。

表1 电机课程群实验项目库

序号	实验项目	学时数
1	他励直流电动机调速特性(设计性)	2
2	单相变压器参数测定(设计性)	2
3	三相变压器的联结组及并联运行(综合性)	2
4	三相异步电动机的T-S曲线测绘(设计性)	2
5	同步发电机运行特性(设计性)	4
6	同步发电机并联运行(综合性)	4

1.1 自动化专业

开设课程为“电机及拖动基础”,是自动化专业培养“运动控制”方向的一门核心课程^[3],注重对学生电机系统分析与控制能力的培养,课程内容紧跟智能控制、机器人等相关领域的前沿技术,主要内容在他励直流电动机和三相异步电动机的电力拖动,注重电力拖动的实际应用,实验教学8学时,在掌握各类电机基本工作原理及运行

特性的基础上增加电力拖动实验项目比重,删除直流发电机、三相异步电动机参数测定实验项目,增加他励直流电动机调速特性,三相异步电动机的T-S曲线测绘,自动化专业学生完成实验项目库中的实验第1~4项。

1.2 电气工程及其自动化专业

开设课程为电机学及拖动基础,是电气工程及其自动化专业“电力系统及其自动化”和“电力电子与运动控制”两个专业方向的一门重要的专业基础课^[4],实验教学14学时。电机是电力系统和运动控制中的关键设备,课程内容上突出专业强电特色,主要内容在变压器及发电机(尤其是同步发电机)的原理及其在电力系统中的应用,精简电动机及电力拖动相关内容,删除直流电动机机械特性、三相异步电动机参数测定实验项目,增加同步发电机运行特性和同步发电机并联运行实验项目,电气专业学生完成实验项目库中的实验第1~3、5、6项。

1.3 智能电网信息工程专业

开设课程为电机学^[5],是电力系统稳态分析、电力系统暂态分析两门专业课的基础,课程内容在兼顾传统电机学课程的基础上以国家高端制造领域的重大能源装备水轮发电机组、风电机组、超高压直流输电等为主要研究对象,主要讲授电机原理和分析方法,实验教学8学时,删除直流电动机、异步电动机相关实验项目,增加同步发电机并联运行实验项目,智能电网专业学生完成实验项目库中的实验第2、3、6项。

2 以学生为中心,实施混合式实验教学

工程教育倡导以学生为中心、以产出为导向、持续改进三大教育理念,电机课程群实验教学体系通过实验教学模式,将现代信息化技术与传统实验相结合,实施混合式实验教学^[6],补偿传统实验教学中的不足,突出以学生为中心,提高学生自主式学习、合作式学习、探究式学习能力^[7]。

2.1 借助网络教学平台,形成自主探究式学习模式

信息化网络教学平台突出以学生为中心,使课堂互动灵活多变,充分调动学生的学习兴趣^[8]。基于超星泛雅网络教学平台,建设电机课程群实验课程,如图1所示,主要包括实验要求与安全

操作规程、实验项目、电机相关资料与视频、实验题库等。每个实验项目由实验原理、预习视频及要点、实验目的、实验内容、思考题等模块组成。



图 1 网络教学平台课程资源

学生在手机上下载学习通 App，教师利用学习通 App 在实验课前推送实验预习任务，要求学

生按照预习要点理解实验原理、探究实验内容、记录实际操作过程可能出现的问题；实验过程中减少教师灌输式教学，提高学生的主观能动性，教师可以通过学习通投票、抢答、主题讨论等活动实现师生实时互动，引导学生独立设计实验原理图和实验步骤内容，如“同步发电机并联运行”实验项目中，同步发电机采用哪种方法投入电网，学生需要确定是准确同步法还是自同步法，若采用准确同步法，还需要考虑是采用交叉接法还是直接接法；实验结束后结合实验结果和数据分析总结实验过程出现的问题并完成思考题，撰写实验报告。

同时，网络教学平台上还建设了云端学习资源^[9]，有助于学生课下复习和知识拓展，接轨学科前沿和新技术的快速发展，满足不同层次学生的需求。借助网络教学平台，实现“以学生为主体，实验问题为导向，网络教学资源为配套”的自主探究式教学模式，如图 2 所示，真正实现学生作为实验的主体，促进学生自主学习和探究学习。

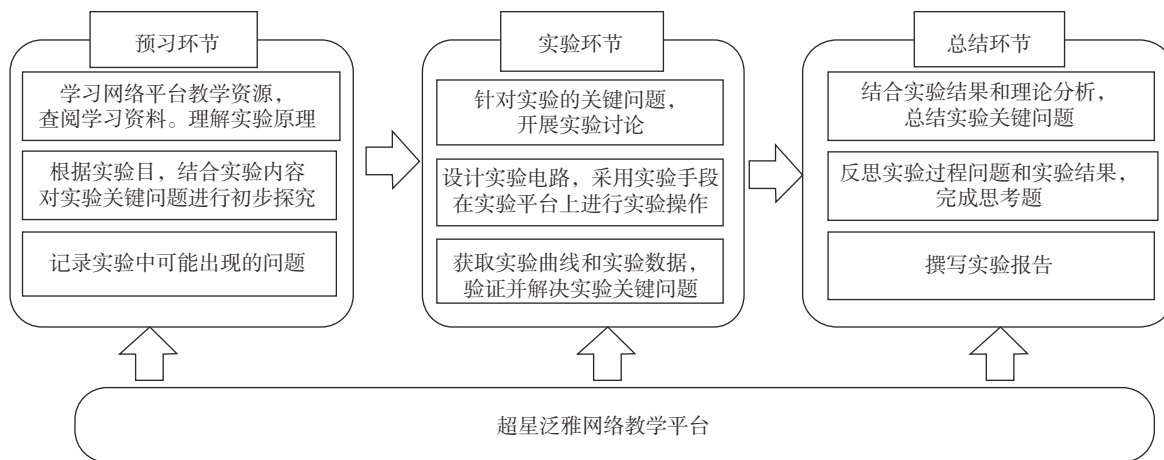


图 2 自主探究式学习模式

2.2 开发虚拟仿真实验软件，实现虚实结合教学模式

MATLAB 是一个面向科学和工程计算的高级交互式软件，将 MATLAB 用于各种电机模型的仿真研究，十分方便。课题组老师利用 MATLAB 的 GUI 功能开发了电机拖动基础实验教学软件^[10]，实现电机虚拟仿真实验界面、操作、调试相结合，操作界面如图 3 所示。

虚拟仿真实验项目包括直流电机、感应电机、变压器及同步电机相关实验项目，学生可以

利用课前或课后时间应用 MATLAB 中的 Simulink 功能对电机系统进行建模、仿真和特性分析，从时间和空间两个维度完善、扩充了现有实验。

学生在电机拖动仿真软件中进行电机仿真实验，从模型搭建，参数设置，仿真运行到最终得出曲线，需要主动地去探究，设计出不同的解决方案，有助于培养学生工程思维方式及分析、解决复杂工程问题的能力。如图 4 所示是他励直流电动机串电阻起动环节转速、电流、转矩等参数的分析。



图3 他励直流电动机操作界面

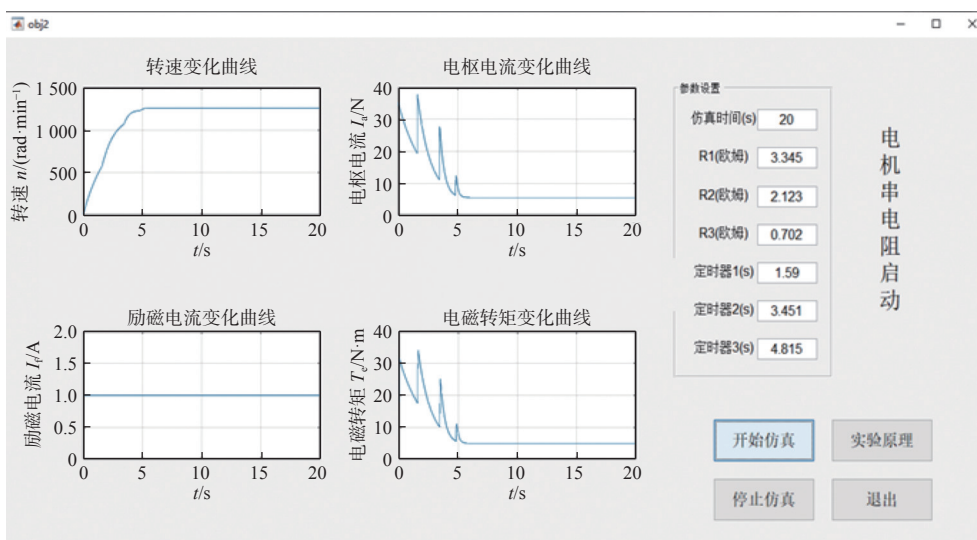


图4 他励直流电动机串电阻起动实验界面

虚拟仿真实验与实验室实验虚实结合弥补了实际实验装置不足和实验学时有限,拓展了实验内容,可以把实际操作无法实现的现象与规律直观的揭示出来,加深了学生对课程理论知识的理解^[11],提高了学生学习兴趣,实现知识的迁移与融合,增强了学生独立思考和解决问题的能力。

2.3 多元化实验成绩评价方式

借助网络教学平台上可以实时获得学生实验预习、实验过程中实时互动等数据分析,使老师更好地掌握学生的实验情况及实验效果,采取多元化实验成绩评价方式,通过实验预习、实验操作过程表现、实验报告环节进行督促检查,分别占总成绩的25%、50%、25%。学生的实验预习情

况、电路设计、线路连接、实验操作情况、实验报告撰写质量等方面都可以反映学生实验环节的努力和成绩,充分调动了学生参与实验操作的积极性。

3 工程案例融入实验教学,提升学生工程实践能力

新工科背景下,高校实验教学工作应该围绕国家对人才培养的要求和社会对人才能力素质的需求,培养创新型、复合型高素质工程科技人才,实践环节中的实习、科技竞赛具有强大的工程背景^[12],从企业实际工程项目中形成典型工程案例,融入实验教学,开阔学生知识视野,提升学

生工程能力、创新能力, 增强学生的社会适应性。

3.1 实验、实习相结合, 增强工程实践能力

电机课程群工程背景强, 涉及领域非常广泛, 系统复杂, 工程设计难度大。传统实验教学轻视学生工程素质培养, 脱离工程实际不能满足企业实际需求, 同时实验内容更新较慢与学科发展前沿有所脱节。金工实习与电机课程群开设在同一个学期, 实习中进行的车削加工、铣削加工、刨削加工以及先进数控车、数控铣等训练是电力拖动系统实际生产中的典型应用。充分利用实习的机会, 一方面学生深入企业, 可以接触到企业的新设备、新技术和新方法, 了解企业需求及专业领域前沿技术, 培养学生工程思维与工程意识, 增强学生的社会适应性; 另一方面企业是技术创新的主体, 将实习中的先进项目及生产一线获得的经验融入实验教学, 体现行业标准与企业需求, 提高学生工程实践和科技创新能力。

3.2 实验、竞赛相结合, 增强创新创业能力

以赛促教, 以赛促学, 将大赛的工程化教育方式融入实验教学过程。将“全国飞思卡尔智能车竞赛”“中国智能制造挑战赛”等科技竞赛^[13]中涉及伺服电机、舵机、步进电机、异步电机等运动控制问题引入实验教学, 激发学生学习兴趣和动力, 培养学生工程实践能力和创新能力。同时, 在竞赛中学生面对的是综合性强、系统复杂、应用性强的问题。如智能制造挑战赛离散自动化赛项的电梯控制系统, 控制对象是电梯的轿厢, 是一个典型的位能性恒转矩负载, 引导学生运用电机制动的相关知识和经验来探讨电梯的运行过程以及如何实现电梯快速准确停在设定楼层。学生需要以团队合作的形式共同解决复杂问题, 提高团队协作能力。

实验、科技竞赛有机融合, 互相促进, 近 3 年, 学院学生在全国飞思卡尔智能车竞赛、中国智能制造挑战赛等科技竞赛中获得国家级和省级以上奖励二百余项。

4 结束语

“以学生为中心, 信息化技术为配套, 工程案例为背景”的新工科电机课程群实验教学体

系, 践行了新工科建设要求和工程教育专业认证培养理念, 自 2018 年开始在自动化、电气工程及其自动化及智能电网 3 个专业中实施, 效果明显, 为电机及拖动基础、电机学及拖动基础、电机学 3 门课程提供有力保障, 激发了学生的主观能动性, 提高了学生的创新思维及工程实践能力, 电机及拖动基础课程在 2021 年获山东省一流本科课程。后续将总结经验持续改进, 不断探索符合新时代新要求的实验教学体系, 更好地发挥示范和辐射作用。

参考文献

- [1] 张芹, 岳大光. “两性一度”框架下的实践课程混合式教学改革研究[J]. 实验科学与技术, 2022, 20(4): 43-46.
- [2] 顾亭亭. 电机学实验教学改革研究[J]. 高等教育, 2019, 3: 195-196.
- [3] 荣海林, 张法业. 自动化类多元一体化实验教学综合改革与实践[J]. 实验科学与技术, 2021, 19(6): 94-97.
- [4] 孙盼, 杨刚. 电机实践课程的改革与创新[J]. 教育教学论坛, 2022(4): 77-80.
- [5] 孙改平, 赵耀. 基于线上线下混合教学模式的“电机学”课程教学改革研究[J]. 中国电力教育, 2021(S1): 125-126.
- [6] 王宏宇. 基于“互联网+”的混合式实验教学模式研究[J]. 实验科学与技术, 2021, 19(5): 74-79.
- [7] 李小姣, 万辉, 张书燕. 新工科院校线上线下教学模式分析与融合[J]. 教育教学论坛, 2020, 44(10): 286-287.
- [8] 吴霞. 实验课程线上线下相结合的教学模式设计与实践[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(5): 173-176.
- [9] 王来志, 邓长春, 袁亮. 基于云学习平台的翻转课堂教学模式改革与实践[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(8): 234-237.
- [10] 金文, 陈曦, 韩红红, 等. 电动机拖动虚拟实验设计及在教学中的应用[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(3): 211-214.
- [11] 徐金全, 郭宏. 以学生为主的“控制电机”课程教学方法[J]. 电气电子教学学报, 2021, 43(6): 84-86.
- [12] 左文娟, 宁萌. 以赛促学、以赛促教, 培养机电卓越工程师[J]. 实验科学与技术, 2021, 19(6): 103-107.
- [13] 李秋明, 宋昕, 刘志刚, 等. 依托智能制造挑战赛培养大学生工程实践创新能力[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(11): 190-193.

编辑 钟晓