

基于虚拟仿真实验室应用下电气工程及其 自动化专业的教改探索

生梦瑶^{*}, 许文梦, 贺延周, 亓冠华

泰山科技学院 智能工程学院, 山东 泰安 271002

DOI: 10.61369/VDE.2025160021

摘要 : 随着信息技术与人工智能的快速发展, 虚拟仿真技术成为提升电气工程及其自动化专业实验教学质量的关键手段。传统实验教学面临设备昂贵、场地受限、安全风险高等挑战, 尤其在“新工科”背景下, 其资源匮乏、内容脱节、形式单一、师资薄弱及评价机制缺失等五大问题严重制约了学生实践能力与创新思维的培养。为此, 本研究依托泰山科技学院建设的电力智能控制虚拟仿真实验室等平台, 开发分层递进式实验体系(基础认知—操作模拟—故障排除—创新设计), 深度融合《发电厂电气部分》等专业课程。以220kV变电站运行与维护虚拟仿真系统为实践载体, 通过三维建模与多物理场耦合仿真技术构建数字化孪生环境, 实施“教师讲解—人机互动—自主探索—总结指导”多维教学模式。本研究的核心贡献在于创新构建电气工程专业虚拟仿真实验教学的全流程闭环体系, 为破解传统实验资源困局提供可复制方案。所开发的变电站全生命周期仿真模块不仅推动教学内容与智能电网技术接轨, 更为工程教育数字化转型奠定实践基础, 对“新工科”人才培养具有显著示范价值。

关键词 : 虚拟仿真; 电气工程; 自动化

Exploration of Educational Reform in Electrical Engineering and Automation Major Based on Virtual Simulation Laboratory Application

Sheng Mengyao^{*}, Xu Wenmeng, He Yanzhou, Qi Guanhua

School of Intelligent Engineering, Mount Taishan University of Science and Technology, Tai'an, Shandong 271002

Abstract : With the rapid development of information technology and artificial intelligence, virtual simulation technology has become a key means to improve the quality of experimental teaching in electrical engineering and automation majors. Traditional experimental teaching faces challenges such as expensive equipment, limited space, and high safety risks, especially in the context of "new engineering". The five major problems of resource scarcity, disjointed content, single form, weak faculty, and lack of evaluation mechanism seriously restrict the cultivation of students' practical ability and innovative thinking. For this reason, this research relies on the platform such as the power intelligent control virtual simulation laboratory built by Mount Taishan University of Science and Technology, develops a hierarchical and progressive experimental system (basic cognition – operation simulation – troubleshooting – innovative design), and deeply integrates professional courses such as Electrical Part of Power Plant. Using the virtual simulation system for the operation and maintenance of a 220kV substation as a practical carrier, a digital twin environment is constructed through 3D modeling and multi physics field coupling simulation technology, implementing a multidimensional teaching mode of "teacher explanation human–computer interaction independent exploration summary guidance". The core contribution of this study lies in the innovative construction of a full process closed-loop system for virtual simulation experimental teaching in electrical engineering, providing replicable solutions to solve the dilemma of traditional experimental resources. The developed substation full life cycle simulation module not only promotes the integration of teaching content with smart grid technology, but also lays a practical foundation for the digital transformation of engineering education, and has significant demonstration value for the cultivation of "new engineering" talents.

Keywords : virtual simulation; electrical engineering; automation

引言

近年来, 随着信息技术和人工智能的快速发展, 虚拟仿真技术逐步应用于高校实验教学领域, 成为提升高等教育质量的重要手段^[1]。虚拟仿真实验室通过构建高效、安全、可重复的实验环境, 解决了传统实验中设备昂贵、场地受限、风险高等问题, 为电气工程

基金项目: 泰山科技学院2025年度校级一流本科课程《电机与拖动控制》2024年度泰山科技学院教育教学改革研究项目(2024yb030)联合资助。

及其自动化专业实验教学提供了全新模式^[2]。该专业实验教学以复杂电路和自动化系统的操作与分析为核心，而虚拟仿真技术能够直观模拟复杂系统运行，使学生深入理解设备原理和系统联动特性，尤其在高风险和高成本实验中具有不可替代的作用。

本文结合泰山科技学院所建机械设计基础及仿真实验室、电力智能控制虚拟仿真实验室、智能综合电网实验室等多个虚拟仿真实验教学中心，将虚拟仿真技术与实验教学深度融合，在电气类专业虚拟仿真实验教学中开展了一系列探索创新，开发并持续建设了一批虚拟仿真实验项目。虚拟仿真技术在电气自动化专业教学中的应用过程，一定程度上改变了教师角色、教育理念、教学模式、教学内容、评价方式等教学环节，使整个教学环节更加科学合理，大大提高了效率，优化了教学过程及效果，对促进教育教学的发展具有重要意义^[3]。为此，本研究通过阐述变电站的运行与维护虚拟仿真软件在专业课程中的应用与教学探索，从教师讲解、人机互动、学生自主探索到教师指导总结，形成多重、三维、多环节且多角度的虚拟仿真实验教学课程。

一、“新工科”下电气工程及其自动化专业教学现状与问题分析

随着全球能源利用逐渐向低碳、清洁、高效方向发展，电气工程及其自动化专业的应用前景愈加广阔^[4]。国家在能源转型和智能化电网建设方面的持续推进，为该专业提供了丰富的就业机会和发展空间。特别是在可再生能源、智能电网、电力系统自动化等领域，电气工程师的需求日益增加。随着工业4.0和智慧城市的建设，自动化控制技术、物联网、大数据和人工智能等新兴技术逐步融入电气领域，进一步拓宽了电气工程及其自动化专业的应用范围。电气设备的智能化、能源管理的优化和电力系统的可靠性提升，都需要大量具备专业技术和创新能力的高素质人才^[5]。因此，电气工程及其自动化专业将继续在现代能源和工业体系中发挥重要作用，为国家的经济发展和社会进步做出贡献。

在“新工科”背景下，高校越发强调对学生自主性实践研究及电气工程及其自动化专业知识更加贴近企业生产的培养，传统的电气工程及其自动化专业实验教学面临着诸多挑战，大致存在以下5个方面问题：

（1）实验资源匮乏，更新换代滞后

传统实验教学过度依赖物理设备，这些设备由于成本高昂、维护困难，导致教学中往往无法满足需求，甚至出现设备老化和更新滞后的情况。实验资源的匮乏直接影响了教学质量，使得学生无法充分体验现代电气工程领域中复杂系统的操作和调试过程，降低了教学的实际效果。

（2）实验内容与工程需求脱节

目前，许多电气工程及其自动化专业的实验内容仍停留在基础实验的层面，缺乏与实际工程技术的结合^[6]。这种脱节使学生在完成标准化实验后，难以将所学知识运用到实际工作中，导致其工程实践能力和创新能力得不到有效培养。随着行业技术的发展，传统的实验内容未能及时跟进新兴技术，未能培养学生解决复杂工程问题的能力。

（3）实验教学形式单一，缺乏创新性

传统的实验教学往往以教师主导、学生执行的模式为主，学生在实验过程中缺乏自主探索的空间，限制了其创新思维的发展。学生多处于“做实验”而非“解决问题”的状态，缺乏发现问题、分析问题和解决问题的能力训练。此外，实验过程中的互

动性和开放性较低，学生的创造力和批判性思维未能得到有效激发。

（4）师资力量薄弱，实践经验不足

尽管电气工程及其自动化专业的教师在理论教学方面具备较强的能力，但在实验教学中，尤其是与新兴技术相关的内容上，部分教师的实践经验不足，无法提供足够的指导。这种师资力量的不匹配，使得实验教学的质量无法与行业需求接轨。尤其在涉及新技术、新设备时，教师和学生均面临一定的知识更新滞后问题。

（5）教学评价机制不完善

目前，大多数高校在电气工程实验教学中的评价体系仍以操作结果为主，忽视了学生在实验过程中创新思维和实际问题解决能力的考察。实验教学未能全面评估学生在实验中所表现出的团队协作能力、实验设计能力和自主学习能力，导致学生的综合素质未能得到充分培养。

二、虚拟仿真实验室的建设思路及其特点

（一）建设思路

在电气工程及其自动化专业的课程体系中，实验教学是基础与应用知识转化的关键环节。然而，传统实验教学模式面临设备匮乏、实验环境受限等问题，无法满足学生对实际工程问题的深度理解和创新实践的需求。泰山科技学院智能工程学院针对这一问题，通过建设多个虚拟仿真实验教学中心，积极推动虚拟仿真技术与实验教学的深度融合。这些实验室包括机械设计基础及仿真实验室、电力智能控制虚拟仿真实验室、智能综合电网实验室等，为电气类专业的教学提供了全新的实验环境和平台。

学院依托虚拟仿真技术，开发并持续建设了一系列实验项目，这些实验项目可服务于电气工程及其自动化、电气自动化技术两大专业，支撑《发电厂电气部分》《供配电技术》《电力系统继电保护》《电力系统综合设计》等专业课程，涵盖电气工程及其自动化专业的核心课程和实践内容。在虚拟环境中，学生可以反复进行实验操作，模拟和调试电气设备及系统，获得与实际工作接轨的实践经验。同时，虚拟仿真实验能够涵盖更多的实验内容，包括大型电气设备的运行与维护，帮助学生在无风险的环境下，掌握电气工程领域的核心技能。

综上所述,研究认为电气工程及其自动化专业虚拟仿真实验室的建设思路,可以总结为:紧密结合专业课程内容,依托先进的虚拟仿真技术,创建多层次、多领域的虚拟实验平台,促进学生的创新思维和实践能力的全面发展。

(二) 虚拟实验室的优势和特点

基于现有虚拟仿真实验软件的特点,泰山科技学院在虚拟仿真实验室的搭建中,针对电气工程及其自动化专业的实际需求,开发了包括变压器、变电站运行和维护等内容的虚拟仿真实验模块。这些模块不仅涉及变压器原理、变电站的日常运行维护等基础知识,还实现了从原理、实验到虚拟实践、现场应用的综合性实验设计^[7]。通过这种模块化的实验内容,学生能够在虚拟仿真环境中全面学习和掌握变压器及电力系统设备的工作原理、操作流程以及维护技术。

三、课程教学改革探索——以变电站的运行与维护虚拟仿真软件为例

(一) 面向虚拟仿真实验的教学方法

虚拟仿真技术在电气工程及其自动化专业教学中的应用,主要是通过利用“互联网思维”和“虚拟仿真技术”对现有实体实验教学活动中的内容和环节进行了全面的、系统的再设计,形成了科学的和可持续发展的虚拟仿真实验教学系统。其基本思路大致分为三个阶段:基础实验教学、专业综合实验教学以及创新与实践训练,三个阶段的虚拟仿真实验教学活动有机衔接,有序进行,以实验教学综合培养计划为基础,整合了教学平台和基础实验教学平台,通过创新与实践训练平台提升学生的综合能力。实现实验项目进行互联互通、相互融合,形成了教学体系的一体化^[8]。

(二) 课程相关内容及教学方法实施

本研究所包括的虚拟仿真技术可支撑《发电厂电气部分》《供配电技术》《电力系统继电保护》《电力系统综合设计》等专业课程的实验教学,以《发电厂电气部分》课程中所涉及到的变电站的运行与维护虚拟仿真系统为例,可通过虚拟仿真教学让学生结合课本内容,掌握变电站设备结构与工作原理;熟悉变电站的安全操作规程;提升设备操作与维护技能并掌握设备信息检索与分析的能力。

其基本思路按分层递进原则大致分为四级任务,即“基础认

知—操作模拟—故障排除—创新设计”。学生通过课上学习将基础知识把握,实验课仿真模拟操作进一步让学生把握知识并熟悉三维现场,仿真故障排除可以进一步令学生掌握维护检修方法,最后通过自主创新巩固学习内容。

(三) 变电站运行与维护虚拟仿真系统实践教学案例

变电站虚拟仿真系统是依托现代信息技术与电力工程仿真技术,构建的面向变电站规划、设计、运行及维护全生命周期的数字化实验平台。该系统聚焦变电站作为电网枢纽节点的核心功能,通过集成三维建模、虚拟现实及多物理场耦合仿真技术,高度还原变电站内设备布局、电气接线、二次系统及环境场景的立体化数字孪生模型。作为智能电网实训与科研的关键基础设施,变电站虚拟仿真系统突破了传统物理实验受场地、安全、成本限制的瓶颈,为电力工程专业人才培养和电网运维技术创新提供了沉浸式、交互式、可扩展的虚拟实践环境^[9]。笔者团队以典型220kV变电站为原型,开发了变电站三维可视化漫游认知、设备状态监测与故障诊断、继电保护动作逻辑验证、倒闸操作安全规程训练、电网故障连锁反应推演等模块的虚拟仿真实验体系,有效支撑了发电厂电气部分、供配电技术、电力系统自动化等课程的理论与实践融合教学,同时为新型电力系统背景下变电站数字化升级方案预演提供了科学验证平台。

四、结论与反思

通过与传统实验教学模式的结合,虚拟仿真技术有效克服了物理实验设备资源不足和场地限制,提高了教学的灵活性和安全性,促进了学生创新能力与实践技能的培养,更加契合当今“新工科”建设背景下学生的学习需求。通过虚拟仿真实验室的搭建,能够为学生提供更全面的学习平台,提升其对电气系统的操作理解和工程应用能力,实现“原理—实验—虚拟实践—现场应用”的完整教学闭环^[10]。

尽管虚拟仿真技术在教学中取得了积极成效,但仍存在部分实验内容与实际工程问题的结合度不足的问题。未来应进一步优化虚拟实验的设计,增强其与现实工程情境的适配性,以提高实验的实用性和真实性^[11]。因此,虚拟仿真实验室的建设和应用仍需持续改进,以更好地适应电气工程教育的需求。

参考文献

- [1] 朱永胜,徐其迎.电气工程专业虚拟仿真实践教学体系研究与构建[J].中国教育技术装备,2020,(08): 132-133+136.
- [2] 薛菁,代妮娜,谭泽富,等.基于VR虚拟实验技术的电气实验教学研究[J].科技资讯,2023,21(21):190-193.
- [3] 周威,何苗,任小明,沈阳,陈磊.虚拟仿真技术在高校工程实践教学中的探索与应用[J].Creative Education Studies, 10, 154.2022.
- [4] 阎发友,马驰,唐超,等.虚拟现实技术在电气工程专业新能源类课程实验教学改革中的应用[J].工业和信息化教育,2021,(10):57-60+74.
- [5] 呼梦颖,段建东,袁钥,等.虚拟仿真技术在电气类专业实验教学中的应用与思考[J].中国教育信息化,2022,28(03):113-118.
- [6] 李文磊,史旭华,李永杰,等.变电站虚拟仿真实验项目的研究与建设[J].浙江工商职业技术学院学报,2020,19(04):54-58.
- [7] 张晓瑜,唐黎伟,陈政圣.基于虚拟仿真的多层次模块化专业教学素材体系研究[J].中国教育信息化,2021,(08): 51-55.
- [8] 沈阳,逯行,曾海军.虚拟现实:教育技术发展的新篇章——访中国工程院院士赵沁平教授[J].电化教育研究,2020, 41(01): 5-9.
- [9] 周丽萍,赵勇成,蒙明明.产教融合背景下电气自动化专业创新教学方法研究[J].家电维修,2025,(07): 43-45.
- [10] 尹荣玲.产教融合背景下高职电气自动化技术专业人才培养模式创新研究[J].中国战略新兴产业,2024,(30): 155-157.
- [11] 陆国栋,李拓宇.新工科建设与发展的路径思考[J].高等工程教育研究,2017,(03):20-26.