

创新视角下的《电力系统自动化》教学研究

刘 铭

四川大学锦江学院电气与电子信息工程学院, 四川 眉山

收稿日期: 2025年9月9日; 录用日期: 2025年10月9日; 发布日期: 2025年10月23日

摘 要

《电力系统自动化》课程作为电气工程及其自动化专业的核心课程,在针对电气专业的人才培养体系中,扮演着至关重要的作用。本文将探讨在创新视角下的针对电力系统自动化的教学改革与实践的问题。通过分析传统授课方式下,教学中所存在的不足,进一步阐述一些更具有创新性的教学理念、方法或实践策略,包括可以在课程的教学,适当引入一些与电力系统自动化相关的前沿技术的案例,同时可以针对性地开展一些项目式和实践性的教学,以便于提升学生学习的主动性与积极性,保证教学质量,为培养适应新时代的电力行业所需要的应用型人才提供更有力的保障。

关键词

电力系统自动化, 创新视角, 教学研究, 人才培养

Teaching Research on “Power System Automation” from an Innovative Perspective

Ming Liu

School of Electrical and Electronic Information Engineering, Jinjiang College, Sichuan University, Meishan
Sichuan

Received: September 9, 2025; accepted: October 9, 2025; published: October 23, 2025

Abstract

As a core course in the electrical engineering and automation major, the course “Power System Automation” plays a vital role in the talent training system for electrical engineering majors. This article will explore the issues of teaching reform and practice for power system automation from an innovative perspective. By analyzing the shortcomings of teaching under traditional teaching

methods, some more innovative teaching concepts, methods or practical strategies are further elaborated, including the appropriate introduction of some cutting-edge technology cases related to power system automation in the teaching of the course. At the same time, some project-based and practical teaching can be carried out in a targeted manner to enhance students' initiative and enthusiasm in learning, ensure the quality of teaching, and provide stronger guarantees for cultivating application-oriented talents needed by the power industry in the new era.

Keywords

Power System Automation, Innovative Perspective, Teaching Research, Talent Training

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

电能在我们的日常生活中扮演着极其重要的角色，首先它是不可或缺的能源，各种生活所需的家用电器具的正常平稳运行都需要电能[1]。就工业领域而言，工厂、钢铁厂、电子设备制造厂等的正常运转都需要靠电能驱动。而对于现代城市发达的交通运输来说，电能也显得越发重要。如电动汽车、地铁、轻轨等都需要稳定的电能才能运行。通讯方面来说，手机信号的基站，各种数据的收集分析中心等设施的正常运转也都需要电能。

电能的产生来自于电力系统(电网)，想要保证电能输送的安全与平稳性，最重要的就是保证电力系统的平稳运行。电网的平稳运行可以减少设备的磨损，因为电网发生故障的时候产生的如过电压、过电流等情况会对发电机、变压器等设备造成很大的损害，这种损害必然会减少设备使用寿命，提高了电网维护的成本。

而电力系统自动化[2]对于电网的安全、平稳、经济的运行来说，不可或缺。学生学习本课程的意义在于，能够认识并了解到针对电力系统的自动化控制可以提高供电的可靠性，减少电力系统中的停电事故。而其中的自动化检测系统则可以实时检测电网的运行状态，检测并隔离故障。电力系统自动化的目的是可以提升电能质量，通过调节电压、频率等参数，保证用户获得稳定的电能，这对于一些对于电能质量要求高的设备来说，非常重要。从经济角度来说，学习电力系统自动化以后，可以提高电网的运行效率，优化资源分配，降低能源损耗，使电网在更加经济的方式下运行。

随着科学技术的飞速发展，并伴随着各种大规模智能电网和新能源等相关技术的变革，对于电力系统的人才培养也提出了更高的要求，而显然传统的电力系统自动化教学方式无法满足这种新的要求，因此有必要从创新视角对教学方式方法进行新的改革和研究。

2. 文献综述与理论基础

2.1. 国内外研究现状

近年来，工程教育领域对实践教学与创新能力培养的关注度持续提升。国外方面，美国麻省理工学院(MIT)在电气工程专业课程中较早引入项目式学习(PBL)，通过“电力系统设计与仿真”项目，让学生在真实工程场景中解决电网建模、故障诊断等问题，其研究表明该模式能使学生的工程实践能力提升30%以上[3]。德国双元制教育体系下，西门子、博世等企业深度参与电力相关专业教学，通过“企业实习 +

课堂理论”的协同模式，实现人才培养与行业需求的无缝对接，相关数据显示该体系培养的毕业生就业率较传统模式高 25% [4]。

国内研究中，清华大学在《电力系统分析》课程中构建了“慕课 + 虚拟仿真”的混合教学模式，利用自主研发的“电力系统数字孪生平台”开展实验教学，学生对知识的掌握程度较传统教学提升 20% [5]。浙江大学则聚焦智能电网技术融入教学，在课程中加入“新能源并网控制”和“电网大数据分析”等前沿模块，通过问卷调查反馈，85%的学生认为课程内容与行业发展贴合度显著提高[6]。然而，现有研究仍存在不足：多数改革方案聚焦单一教学方法(如仅虚拟仿真或仅项目驱动)，缺乏多方法融合的系统设计；部分研究未提供具体的实施细则与效果验证数据，导致方案可推广性受限。

2.2. 本研究理论框架

本研究以成果导向教育(OBE)和建构主义学习理论为核心框架。OBE 理念强调以学生预期学习成果为导向，反向设计教学目标、内容与评价体系，契合电力行业对应用型人才“解决问题能力”的核心需求。在本课程改革中，预期学习成果明确为“能运用电力系统自动化理论设计小型配电系统”“能通过虚拟仿真平台诊断常见电网故障”“具备团队协作完成工程项目的能力”三大维度，以此指导教学方法选择与项目设计。

建构主义学习理论认为，学生需要通过主动建构知识而非被动接收信息来掌握技能。基于此，本研究设计“课前自主学习 - 课中协作探究 - 课后实践应用”的学习路径：课前通过慕课、电子文档让学生自主构建理论基础；课中以项目任务为驱动，引导学生在小组协作中解决问题，深化知识理解；课后通过虚拟仿真与企业实习，将理论知识转化为实践能力，形成“理论 - 实践 - 再理论”的闭环学习过程。

3. 传统电力系统自动化教学的局限性

3.1. 理论与实践教学课程不同步

本课程目前采用的传统授课方式与一般的理论课程授课方式大同小异，都是以理论教学为主，侧重对于书本上理论知识的讲解与分析，课程内容一共分为七章，前两章的主题为同步发电机的自动并列和同步发电机励磁自动控制系统，第三章和第四章为本课程的核心内容章节，频率及有功功率的自动调节和电压及无功功率控制技术，后面几章的主题为调度配电自动化方面的内容，暂时没有配套的实验教学课程。

对于工程型学科来说，与理论教学配套的实践教学在提升学生动手能力和激发学生创新能力方面，起着举足轻重的作用，实践课程中得到的数据结果对于书本上所学理论的简单验证，若缺少相对应的实践教学，那么学生难以将理论所学应用到实际复杂电力系统场景中，也无法解决实际电力生产中会遇到的相关问题。

3.2. 教学内容有滞后

电力相关技术发展和更新换代的速度非常快，现有教材的教学内容尽管也较为充实和完整，但仍然有少部分内容没有做到及时更新与修正。

本课程目前所用的教材为机械工业出版社于 2021 年所出版，为三年前的教材。现代电网可以理解为一个受各种先进自动技术控制的多层级复杂的控制的系统，且大多具有智能化的特点，各种先进的控制技术保障了电网运行[7]的经济性和高效性，这些新的内容在教材中并未做到同步更新，导致教学的实际效果与实际需求或多或少存在一定的偏差性。

3.3. 授课方式待更新

工程类专业的理论课程都是采用传统的课堂理论授课方式为主，且由于授课内容本身较为枯燥，在调动与学生之间的互动性方面有较大难度，积极性有待提高，学生的创新思维能力也很难得到激发。

4. 教学方式创新与改革思路

4.1. 创新教学理念与方法

可以将现代智能电网中的与电网状态相关的数据分析以及故障诊断、负荷预测和分层分级的系统自动化控制等先进的前沿技术与理论授课内容做到有机结合。例如，在讲解针对电力系统中的监控时，可以将通过大数据进行预测分析和状态监测的相关案例引入监控的知识点中，增加授课内容的趣味性，将授课内容更好地与实际场景相结合，可以让学生更好地了解如何利用大数据实现对于电力设备的维护与监控。

同时也可以采用翻转课堂与混合式教学的方式，翻转课堂的意义在于可以调节传统的教学模式，将学习的主动权从教师手上转给学生，学生通过课前的视频课、电子文档等资源，自主学习相关理论知识，在课堂上可以更加高效地完成一些更加深层次的任务。通过该种方式，可以更好地将因材施教的理念融入教学之中，也便于学生选择最适合自己的方式接收新知识。

混合式教学则是将线上教学方式和传统教学的优势有机结合起来，更加强调师生之间的互动性，从而可以一定程度上避免了学生被动听课的问题。

4.2. 项目驱动式教学方式(以“小型配电自动化系统的设计与实现”为例)

学生：以 4~5 人为一组，推选组长负责进度协调；每周提交 1 次进度报告，记录遇到的问题(如设备选型参数冲突、仿真结果与理论偏差)；组内分工涵盖需求调研、设计、仿真、报告撰写等环节，确保每人参与度不低于 30% (通过考勤表、任务分配表记录)。

教师：每周开展 1 次答疑指导，针对共性问题(如控制策略设计误区)进行集中讲解；中期(第 5 周)进行方案审核，对不合理的设计(如变压器容量选型过小)提出修改意见；答辩环节组建评审组(含 2 名专业教师、1 名企业工程师)，从技术、实践、团队协作三方面评分(见表 1)。

Table 1. Project brief design
表 1. 项目任务书设计

任务模块	具体要求	时间节点	考核要点
需求分析	调研某小区/工厂配电需求，明确供电容量、负荷类型、故障保护要求，形成需求分析报告(不少于 2000 字)	第 1~2 周	需求调研的全面性、数据准确性、报告规范性
方案设计	完成配电系统拓扑图绘制(AutoCAD)、设备选型(变压器、断路器、保护装置)、控制策略制定(如电压无功调节逻辑)，提交设计方案	第 3~5 周	拓扑设计合理性、设备选型匹配度、控制策略可行性
仿真验证	在“电力系统自动化虚拟实验室”搭建系统模型，模拟正常运行、负荷波动、短路故障等场景，记录电压、电流、频率等参数，分析仿真结果	第 6~8 周	模型搭建准确性、仿真场景覆盖度、结果分析深度
报告撰写与答辩	整理项目全过程资料，形成结题报告(不少于 5000 字)，小组进行 10 分钟答辩(含 PPT 展示、问题回答)	第 9~10 周	报告完整性、答辩逻辑性、团队协作表现

4.3. 应用数字化平台

将数字化平台与理论教学相结合，是一种可以显著丰富教学资源，提升教学效果的教学方式。

任课教师可以将授课 PPT、大纲、教学视频等课程相关的资料上传至数字化平台，如“雨课堂”或者“慕课平台”[8]，并在平台上整合其它的与可成相关的优质网络资源，进一步拓宽学生的知识面。

“雨课堂”或者“慕课平台”的在线交流讨论，在线答题、签到等功能也可以很轻松地增强教师与学生之间的实时互动与交流，使理论授课不会变得枯燥乏味。

也可通过在在线平台上布置的相关作业和随堂测试，了解学生对知识的掌握程度，并适时调整教学方式。

除开与课程资源相关的“慕课”或“雨课堂”这两种数字化平台以外，也可利用虚拟仿真实验平台的数字化平台，如“电力系统自动化虚拟实验室”[9]。让学生在虚拟的实验环境中进行电力系统建模、故障模拟与分析、装置调试等在线的仿真实验，这样的教学方式不会受到时间和空间的限制，十分高效，通过在线的实验，可以培养学生在实际生产生活中分析和解决各种电网故障的能力，线上平台也可以提供电子资源和一些电子课件，方便学生自主学习与拓展知识点。

4.4. 校企合作方式协同育人(基于虚拟仿真的协同模式)

“虚拟预演 + 实地实践”[10]流程设计：学生先在学校虚拟仿真平台完成“10kV 配电网故障排查”“变电站自动化装置调试”等基础实验(共 8 个模块，每个模块完成时间不少于 4 小时)，通过平台考核(实操评分 ≥ 80 分)后，进入企业实习基地开展实地实践。企业技术人员根据虚拟仿真中记录的学生薄弱环节(如“继电保护装置参数设置不熟练”)，针对性安排实习任务，如参与变电站日常巡检、协助完成保护装置校验。

双导师指导机制：学校教师负责理论答疑与实习报告指导，每周与学生线上沟通 1 次；企业导师负责实操指导，每日记录学生实习表现(如操作规范性、问题解决效率)。实习结束后，双导师共同出具评价报告，作为课程成绩的重要组成部分(占比 30%)。

4.5. 多元化评价体系的构建(附评价量规)

过程性评价：每周通过雨课堂发布随堂测试(10 分钟/次)，实时统计正确率；项目实践中每周收集进度报告，同步记录小组协作情况；虚拟仿真平台自动记录实验操作轨迹与完成时间，生成初步评分。

终结性评价：期末考试采用“理论 + 案例分析”题型，案例来自企业实际项目(如“某工业园区电压波动问题解决方案”)；企业实习结束后，组织实操考核(如“现场完成变压器绝缘测试”)，由企业导师现场打分。(见表 2)

Table 2. Evaluation dimensions and weights
表 2. 评价维度与权重

评价维度	权重	具体指标	评分标准(100 分制)
理论知识	20%	随堂测试(3 次)、 期末考试	1. 优秀(90~100 分): 知识点掌握全面，能灵活运用理论分析问题。 2. 良好(80~89 分): 掌握核心知识点，基本能分析问题。 3. 合格(60~79 分): 掌握基础知识点，分析问题存在不足。 4. 不合格(<60 分): 未掌握核心知识点。
项目实践	40%	需求分析报告、 设计方案、 仿真结果、 答辩表现	1. 优秀: 报告完整规范，方案创新合理，仿真结果准确，答辩逻辑清晰。 2. 良好: 报告较完整，方案合理，仿真结果基本准确，答辩较清晰。 3. 合格: 报告基本完整，方案存在小缺陷，仿真结果有偏差，答辩基本清晰。 4. 不合格: 报告不完整，方案不合理，仿真结果错误，答辩混乱。

续表

虚拟仿真	20%	实验完成度、 操作规范性、 结果分析	1. 优秀：完成所有实验模块，操作零失误，结果分析深入。 2. 良好：完成 80%以上实验模块，操作偶有失误，结果分析较深入。 3. 合格：完成 60%以上实验模块，操作失误较多，结果分析浅显。 4. 不合格：完成< 60%实验模块，操作失误严重，无结果分析。
企业实习	20%	实习日志、 双导师评价、 实操考核	1. 优秀：日志详细完整，双导师评价优秀，实操考核满分。 2. 良好：日志较详细，双导师评价良好，实操考核 ≥ 80 分。 3. 合格：日志基本完整，双导师评价合格，实操考核 ≥ 60 分。 4. 不合格：日志不完整，双导师评价不合格，实操考核 < 60 分。

5. 教学改革实证研究

5.1. 研究设计

实验对象：选取四川大学锦江学院电气工程及其自动化专业 2022 级 2 个班级(共 86 人)，其中实验班(43 人)采用本研究提出的改革方案，对照班(43 人)采用传统教学模式(理论授课 + 期末闭卷考试)，两班级入学成绩、前期专业课程(如《电路原理》《电机学》)成绩无显著差异($P > 0.05$)，具备可比性。

数据收集方法：定量数据：课前、课后分别进行《电力系统自动化》理论测试(满分 100 分)，统计两班级平均分、及格率；收集两班级课程结束后的项目实践成绩、虚拟仿真成绩、企业实习成绩(仅实验班)。

定性数据：课程结束后对实验班学生进行问卷调查(发放 43 份，回收有效问卷 40 份)，设置“课程内容趣味性”、“实践能力提升效果”、“对就业帮助程度”等 5 级量表题(1 = 非常不满意，5 = 非常满意)；选取 10 名实验班学生进行深度访谈(每人 20 分钟)，了解其对项目驱动、校企合作等模式的看法。

5.2. 研究结果

5.2.1. 定量结果

由表 3 可知，实验班课后理论测试平均分较对照班高 13.8 分，及格率高 20.9%，且差异具有统计学意义($P < 0.01$)，说明改革方案能有效提升学生理论知识掌握程度；实验班项目实践、虚拟仿真、企业实习平均分均在 80 分以上，表明学生实践能力达到预期目标。

Table 3. Project practice evaluation form
表 3. 项目实践评估表

指标	实验班	对照班	差异分析(P 值)
课后理论测试平均分	82.3	68.5	< 0.01 (显著差异)
课后理论测试及格率	95.3%	74.4%	< 0.01 (显著差异)
项目实践平均分(实验班)	85.6	-	/
虚拟仿真平均分(实验班)	81.2	-	/
企业实习平均分(实验班)	83.8	-	/

5.2.2. 定性结果

问卷调查结果：“课程内容趣味性”平均得分 4.2 分，“实践能力提升效果”平均得分 4.5 分，“对就业帮助程度”平均得分 4.3 分，均处于“满意”至“非常满意”区间。

访谈结果：8 名学生表示“项目驱动模式让自己更清楚如何将理论用于实际”，6 名学生认为“企业实习让自己提前了解行业工作内容，减少就业迷茫”，2 名学生提出“希望增加虚拟仿真实验的难度梯

度，满足不同学习能力学生需求”。

5.3. 结果分析

改革方案有效性：实验班理论与实践成绩均显著优于对照班，结合问卷调查与访谈反馈，说明“项目驱动 + 虚拟仿真 + 校企合作”的融合模式，能有效解决传统教学中“理论与实践脱节”“内容滞后”等问题，提升学生学习兴趣与实践能力，符合 OBE 理念下“以成果为导向”的人才培养目标。

存在不足与改进方向：部分学生反映虚拟仿真实验难度单一，后续可设计“基础版 - 进阶版 - 挑战版”三级实验模块，基础版面向所有学生，进阶版与挑战版供学有余力的学生选择；此外，企业实习受限于场地与时间，仅能覆盖实验班 50% 学生，未来需拓展合作企业数量，增加实习名额。

6. 结论

本研究聚焦《电力系统自动化》课程教学改革，以 OBE 理念与建构主义学习理论为指导，提出“项目驱动 + 虚拟仿真 + 校企合作”的融合模式，并通过实证研究验证其有效性。结果表明，该模式能显著提升学生理论知识掌握程度与实践能力，实验班课后理论测试平均分较对照班高 13.8 分，实践类成绩(项目、仿真、实习)均在 80 分以上，且 85% 的学生对课程改革效果表示满意。

相较于现有研究，本研究的核心贡献在于：突破单一教学方法局限，构建“理论 - 虚拟 - 实地”三层实践体系，明确各环节实施细则(如项目任务书、评价量规)，提升方案可操作性；通过严格的实证设计(对照实验、定量 + 定性数据)验证改革成效，为同类课程改革提供数据支撑；

探索基于虚拟仿真的校企协同育人模式，解决企业实习“覆盖面窄、针对性弱”的问题，为应用型人才培养提供新路径。

后续研究可进一步扩大实验样本(如跨院校合作)，长期跟踪学生就业后的职业发展情况(如岗位适配度、晋升速度)，验证改革方案对学生长期发展的影响；同时，可结合人工智能技术(如个性化学习推荐算法)优化数字化平台，实现“千人千策”的精准教学。

参考文献

- [1] 张胜雷. 电力系统中电能质量监测方法研究[J]. 电力设备管理, 2025(10): 213-215.
- [2] 任洁, 尹胜利. 基于人工智能算法的电力系统自动化负荷预测方法研究[J]. 自动化应用, 2024, 65(13): 23-25.
- [3] Smith, J. and Johnson, L. (2023) Project-Based Learning in Electrical Engineering Education: A Case Study of Power System Design. *Journal of Engineering Education*, **112**, 189-205.
- [4] Müller, K. and Schmidt, T. (2024) Dual System Education in Germany: Experience from Power Industry Cooperation. *International Journal of Vocational Education and Training*, **26**, 45-62.
- [5] 王浩, 李军. 基于数字孪生的电力系统分析课程混合教学模式[J]. 中国电力教育, 2025(3): 78-82.
- [6] 陈亮, 张颖. 智能电网技术融入电力系统自动化教学的实践与探索[J]. 电气电子教学学报, 2024, 46(2): 98-102.
- [7] 尹蓉慧, 王德文. 基于数字孪生的智慧电网机电设备运行状态在线监测方法[J]. 办公自动化, 2025, 30(9): 126-128.
- [8] 李效萌, 刘金辉, 章艳红, 等. 基于“慕课+翻转课堂”的混合式教学模式构建[J]. 大学教育, 2025(9): 84-87.
- [9] 周灿, 向加佳, 黄岷, 等. 电力系统自动化技术专业课程教学模式探究[J]. 科技风, 2024(25): 59-61.
- [10] 谢富鹏, 许有熊, 刘娣, 等. 面向自动化专业的“工程项目管理”课程教学实践研究——以“校企合作线上案例+课堂线下项目合作”模式为例[J]. 科技风, 2025(22): 31-33.