

数字孪生在电气自动化专业课程实施中的降本增效应用研究

艾买提江·阿布都热西提

喀什技师学院

DOI:10.32629/mef.v8i20.17980

[摘要] 电气自动化专业课程是现代工程技术中的重要学科,其在传统实训教学中,依赖物理设备的反复调试,使得材料浪费比较严重,并且还增加了设备维护成本,甚至由于操作故障发生安全事件。而数字孪生技术作为前沿科技,其在电气自动化专业课程实施中的应用,通过创建虚拟镜像,帮助学生在实训教学时,利用虚拟环境反复开展实训操作,从而实现了降本增效作用。

[关键词] 数字孪生; 电气自动化专业课程; 应用; 场景; 降本增效

中图分类号: G622.3 **文献标识码:** A

Research on Cost Reduction and Efficiency Improvement in Digital Twin Application for Electrical Automation Professional Courses

Emaitjan Abuduresit

Kashi Technical College

[Abstract] The course of Electrical Automation is an important discipline in modern engineering technology. In traditional practical teaching, it relies on repeated debugging of physical equipment, resulting in serious material waste, increased equipment maintenance costs, and even safety incidents due to operational failures. As a cutting-edge technology, digital twin technology is applied in the implementation of electrical automation courses. By creating virtual images, it helps students to repeatedly carry out practical training operations in the virtual environment during teaching, thereby achieving cost reduction and efficiency improvement.

[Key words] digital twin; Electrical Automation Professional Course; Application; Scene; Reduce costs and increase efficiency

随着科技快速发展,电气自动化正加速向智能化、高效化转型。为了适应新时代发展需要,在电气自动化专业课程实施时,需要借助数字孪生技术。该技术在电气自动化专业课程实施中的实际应用,可以通过虚拟实验替代实体操作,降低教学成本;通过实时监测与智能分析,提升学习效率;通过模拟复杂场景,增强实践能力;通过优化教学资源,实现个性化学习,旨在实现电气自动化专业课程实施的降本增效。

1 数字孪生的概述

数字孪生也称为数字映射与数字镜像,其本质是信息建模。通过应用数字孪生,可以在信息化平台上了解物理实体的状态,甚至可以对物理实体里面预定义的接口组件进行控制,从而帮助组织监控运营、执行预测性维护和改进流程。该技术已经在社会诸多领域得到广泛应用,比如在教育、水利工程、石油化工、安全生产等领域中的应用。

2 数字孪生在电气自动化专业课程实施中应用的要求与原则

2.1 应用要求

主要体现在:(1)技术实现要求。创建虚拟模型是数字孪生在电气自动化专业课程实施中的应用基础,其主要是通过物理建模、几何建模以及功能建模等,了解电气设备结构与工作原理。(2)教学设计要求。数字孪生在电气自动化专业课程实施中的应用,要求采用“虚实结合、层次递进”模式,其中基础理论阶段以纯虚拟仿真为主,核心技能训练实施虚实联动,综合应用阶段依托实体设备深化实践。(3)资源与环境要求。数字孪生创建的教学平台需配置数据采集设备、高性能计算资源及可视化系统。实训环境应兼顾安全性要求,通过虚拟调试模拟故障场景,规避操作风险。

2.2 应用原则

数字孪生技术在电气自动化专业课程教学中的应用,笔者认为需要遵循以下原则:以教学目标为导向的原则;虚实结合与层次递进原则;资源优化与成本控制原则;动态评价与个性化学习原则;可持续发展与校企协同原则。

3 数字孪生在电气自动化专业课程实施中的主要应用场景

3.1在“电气设备与控制系统”课程实施中的应用

“电气设备与控制系统”课程是电气自动化专业的核心课程之一,其主要是培养学生的实践能力以及为后续PLC知识的学习奠定基础。传统的“电气设备与控制系统”教学过程中,学生对于电气设备(如接触器与变频器等)工作原理及其内部结构的理解比较困难。而应用数字孪生技术创建虚拟模型,可以实现集成数据的采集、虚拟仿真和交互式可视化,把抽象的理论知识变得具象化,以提高学生实践与系统思维的能力。如在电气设备内容教学时,可以建立与电气设备相联系的三维可视化模型,帮助学生在虚拟环境下对电气设备进行拆解、组装,并助力学生了解和观察电气设备的触点动作及磁场变化现象。在控制系统设计教学时,可以在数字孪生环境下,帮助学生创建控制电路,从而实现参数的整定和逻辑测试,待验证没有问题后,再与物理设备进行连接。

3.2在“工业自动化与PLC编程”课程实施中的应用

“工业自动化与PLC编程”课程是电气自动化专业课程的重要组成部分,其主要是培养学生在自动化控制设计、编程、调试以及维护等方面的能力。数字孪生在“工业自动化与PLC编程”课程实施中的应用,有助于培养学生的实践能力以及提高教学效果,对于该课程实施具有重要的应用价值。传统PLC编程教学存在编程抽象以及调试困难等方面的挑战,而应用数字孪生技术可以构建物理设备的虚拟模型,实现PLC程序的虚拟调试与实时交互,学生编写的控制程序在虚拟模型中能够直接驱动虚拟设备运行,通过实时观察程序逻辑和设备动作的关系,提前直观的找出并修正逻辑错误,从而防止设备损坏的风险,并增强学生对工业自动化知识的理解能力。并且数字孪生在“工业自动化与PLC编程”课程的实际实施时,需要由基础到高级的分阶段实施,比如在基础阶段,可以利用相关工具(如西门子PLCSIM Advanced等),实施简单的逻辑编程与虚拟调试,从而帮助学生能够尽快了解PLC编程环境;在进阶阶段,可以结合相关软件(如NX MCD等),创建动态机械模型,使运动仿真与控制程序进行联动,以达到培养学生系统思维能力的目的。

3.3在“智能电网与能源管理”课程实施中的应用

“智能电网与能源管理”课程作为电气自动化的前沿课程,是数字孪生在电气自动化专业课程实施中的典型应用,该课程实施过程中可以创建发电、输电、变电、配电、用电等环节的数字孪生教学平台,并构建智能电网虚拟模型,通过实时数据交互、动态仿真以及预测性分析,帮助学生了解和掌握复杂能源系统运行机制。具体而言,学生可以借助数字孪生技术创建的交互式学习平台,熟悉和掌握电网拓扑结构和能量流管理等方面的抽象概念。比如学生可以借助数字孪生技术创建的三维可视化工具,观察分布式能源的接入对电网稳定性产生的影响;而且可以通过模拟短路以及设备失效的故障场景,学习故障诊断流程及其恢复方法等,以提升学生在理论知识与实践应用结合方面的能力。并且利用数字孪生技术创建的学习平台整合了诸多前沿技术(如大数据分析、人工智能以及边缘计算等先进技

术),“智能电网与能源管理”课程的实施,可以围绕这些技术开展教学,比如机器学习算法在电力负荷的预测和电力设备的健康状态评估中应用的教学。

4 数字孪生在电气自动化专业课程实施中的降本增效应用策略

4.1 数字孪生在电气自动化专业课程实施中的降本应用策略

4.1.1降低硬件设备与场地投入。电气自动化专业课程实施涉及的设备成本都比较大以及更新换代比较快,且这些设备占用的空间也比较大。而应用数字孪生技术创建虚拟实验室,利用虚拟仿真的方式代替部分物理硬件设备,从而减少硬件设备的购买成本。比如在PLC编程以及电机控制的实验中,可以在数字孪生技术创建的虚拟环境中,进行实验操作,以降低对物理硬件设备的依赖,降低购买硬件设备的投入。就降低场地投入而言,传统电气自动化实验课程教学时,需要在实验室配置诸多物理硬件设备,导致场地与空间占用较大。而通过数字孪生的应用,把部分实验内容转移到虚拟环境中进行仿真实验,学生只要利用计算机就可以实现操作,从而有效减少场地空间的投入。此外应用数字孪生创建的平台,可以实现远程操作与资源共享,帮助学生在进行实验操作时,不受时间与空间的限制,充分利用物理硬件设备与场地资源。并且通过虚拟仿真操作,可以防止物理硬件设备被损坏,从而间接降低硬件设备与场地投入。

4.1.2减少物件消耗与维护成本。传统电气自动化实践训练时,存在元器件损耗、线缆裁剪浪费以及设备磨损等教学成本。而应用数字孪生的虚拟仿真方式,学生可以在虚拟环境中进行实践训练,从而减少物件消耗。比如在智能制造实训时,可以通过数字孪生技术创建的模型,模拟PLC控制以及传感器网络等自动化流程,使设备运行参数和工艺路线得到整定与优化,从而减少因参数设置不当导致的原材料损耗。就维护成本减少而言,数字孪生可以应用预测性维护手段,减少由于设备故障而造成的物件损耗。比如在电气自动化课程实施中应用数字孪生技术,可以利用数字孪生模型对电机、变频器等设备的运行状态进行监测,并提前发现设备存在的故障,从而实现预测性维护,减少因紧急维修产生的成本,并且有助于延长相关物件设备的寿命。此外,应用数字孪生技术可以减少实训时的能耗,从而间接减少物件消耗成本。比如在电气自动化系统中,通过数字孪生模型对电能质量与负载变化进行实时监测,并自动调整相关设备的参数(如变频器、配电单元等参数)。

4.1.3规避安全风险与设备损毁成本。传统电气自动化的实训操作涉及到强电、机械运动等方面的安全风险,如果操作不当,不仅会造成经济损失,还可能发生安全事件。而利用数字孪生创建的虚拟模型,学生能够实施各种高风险操作和故障复现实验,无需担忧安全问题,从根源上杜绝了安全事故带来的成本;并且该模型可以对电气自动化系统运行状态进行实时监控、仿真分析和预测性维护,从而有效规避其存在的安全风险与设备损毁。并且数字孪生技术集成传感器网络,可以实现实时监控与早期

预警;数字孪生技术可在虚拟环境中模拟电气系统运行,评估不同工况下的安全风险(如过电压冲击或电磁干扰),以实现风险评估。此外,数字孪生平台可集成人机交互系统,优化操作流程与应急响应,从而有效规避安全风险与设备损毁,以达到降低成本目的。

4.2 数字孪生在电气自动化专业课程实施中的增效应用策略

4.2.1 提升技能熟练度。进行传统电气自动化实训时,由于受到实训设备、实训场地与实训课时等因素的影响,学生实际动手操作的机会比较少。而通过数字孪生创建的平台,可以帮助学生在虚拟的环境中不受限制的进行设备安装、程序调试与参数设置等训练。通过反复的模拟训练,在提升学生操作熟练度的同时,也有助于提高教学效益。如在智能电网课程实训时,学生可以借助数字孪生创建的模型,通过反复操作熟悉设备布局与操作流程,从而有效提高教学效率。

4.2.2 培养系统思维与提升综合问题解决能力。培养系统思维与提升综合问题解决能力,有助于电气自动化专业课程实施的增效。具体表现为:(1)培养系统思维。电气自动化系统比较复杂,而在其课程实施中应用数字孪生技术,可以把传感器、执行器、控制器、通信网络等诸多模块整合为完整的模型,通过实时数据交互和动态可视化,为学生整体掌握电气自动化系统的复杂关联提供条件,从而使学生的系统思维得到培养,并且有效提升教学效率。(2)提升综合问题解决能力。在电气自动化实训时,借助数字孪生技术,模拟真实工业场景中的动态干扰和多目标约束,为学生提供安全的试错环境,有助于提升学生的综合问题解决能力。

4.2.3 拓展教学场景与激发学习兴趣。拓展教学场景与激发学习兴趣是电气自动化专业课程实施增效的重要手段之一。(1)拓展教学场景。借助数字孪生技术,可以模拟极端环境下成本很高的复杂工况与故障场景。比如在电气自动化专业课程实施中,可以模拟电网波动对变频器的影响;在变电站仿真教学中,学生可通过VR设备进入数字孪生变电站,实时监测电压、电流等参数,并模拟倒闸操作、故障处理等流程,系统能动态反馈操作结果,帮助学生直观理解电力系统稳定性原理。这类虚拟仿真,有助于把抽象的理论变得具象化,把复杂的系统变得可视化,从而可以有效实现电气自动化专业课程的增效。(2)激发学习兴趣。电气自动化专业课程实施时,可以通过数字孪生创建虚拟模型,实现物理世界与数字世界的实时交互,有效激发了学生的学习兴趣。

具体表现为:第一,沉浸式与交互式的学习环境,帮助学生从被动接受转变为主动探索。比如学生通过佩戴MR眼镜,可以对电气设备的内部结构进行观察,并且能够对这些设备进行拆解、组装、调试等,这样不仅能够提升学生的空间思维能力,也有助于激发学生的学习兴趣;第二,安全容错的实训环境。通过数字孪生技术创建的模型,可以在实训过程中允许学生反复操作高风险项目(比如短路实验以及并网调试等),并且可以即时反馈操作错误的原因,以增强学生的自信心与激发学生的学习兴趣。

5 结束语

综上所述,数字孪生在电气自动化专业课程实施中的应用,有助于提升学生的系统思维与综合能力,对于降低教学成本与风险、提升实践教学效果与安全性、增强跨学科融合与产教协同等方面也具有重要价值,实现了降本增效。基于此,本文从数字孪生的概述出发,简述了数字孪生在电气自动化专业课程实施中的应用的要求与原则,论述分析了数字孪生在电气自动化专业课程实施中的主要应用场景,重点对数字孪生在电气自动化专业课程实施中的降本增效应用策略进行了研究。

[参考文献]

- [1]陶飞,刘蔚然,张萌,等.数字孪生五维模型及十大领域应用[J].计算机集成制造系统,2019,25(1):1-18.
- [2]刘大同,郭凯,王本宽,等.数字孪生技术综述与展望[J].仪器仪表学报,2018,39(11):1-10.
- [3]许国强.高职电气自动化技术专业课程改革研究[J].内燃机与配件,2020(21):221-222.
- [4]唐健豪.高职电气自动化技术专业课程的模块化教学策略分析[J].山西青年,2022(16):70-72.
- [5]周灿,向加佳,黄頔,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.
- [6]王勇.工业4.0背景下数字技术在工业电气自动化系统中的应用[J].现代工业经济和信息化,2024,14(09):77-80.
- [7]朱双庆.工具磨床数字孪生技术研究[D].西安工业大学,2024.
- [8]陈达桑.高职电气自动化技术专业课程改革研究[J].学周刊,2025,(13):5-8.

作者简介:

艾买提江·阿布都热西提(1983--),男,维吾尔族,新疆喀什人,大学本科,讲师,研究方向为电气自动化。