

Exploration of project-based teaching mode of electrical control technology course based on PLC and frequency converter

Chuanshun Liu Yuxiang Chen

Shandong Vocational and Technical College of Labor, Jinan, Shandong, 250022, China

Abstract

Higher education institutions serve as vital platforms for cultivating skilled professionals in China. As the primary educators, teachers' instructional methods significantly influence students' mastery of course content. Electrical Control Technology, a crucial electrical engineering discipline with extensive applications in industrial production and social life, exemplifies this educational principle. Project-based learning, recognized as both a hallmark of modern education and a cornerstone of effective teaching, requires well-designed practical training programs to ensure high-quality instruction. Drawing from China's higher education practices in electrical control technology, this paper explores the development of a project-driven teaching model centered on "task-oriented learning, position-specific competency cultivation," and PLC/variable frequency drive (VFD) applications. The proposed framework aims to provide actionable insights for educators seeking to enhance their pedagogical approaches.

Keywords

PLC; frequency converter; electrical control technology course; project-based teaching mode; construction; exploration

基于 PLC 与变频器的电气控制技术课程项目化教学模式探索

刘传顺 陈玉祥

山东劳动职业技术学院, 中国·山东 济南 250022

摘要

高等院校是我国技能人才培养的重要平台,教师作为教学的主体,其实施的教学方法对学生对教学内容的掌握具有重要意义,《电气控制技术》是一门重要的电气类专业课程在社会生活、生产中广泛应用。项目化课程既是教育领域的一大特色,也是开展课程教学的主要手段之一,量足质优的实训项目是高效课堂的重要保证。有鉴于此,文章结合我国高校电气控制技术教学实际,探索如何构建起以“项目驱动、任务导向、岗位能力培养”为核心的基于PLC与变频器的电气控制技术课程项目化教学模式,以供参考。

关键词

PLC; 变频器; 电气控制技术课程; 项目化教学模式; 构建; 探索

1 引言

在当前产业自动化水平不断增强背景下,智能制造与现代工业装备运行中基于 PLC 与变频器的电气控制技术日益发挥出重要作用。然而,高等院校在《电气控制技术》该课程中的传统教学模式常以理论教授为主,难以充分反映生产现场的系统特征与控制逻辑。

2 基于 PLC 与变频器的电气控制技术课程概述

基于 PLC 和变频器的电气控制技术是面向电气工程及其自动化专业教学体系中以现代控制技术的应用为核心的

综合性专业课程,重点讲述 PLC 的逻辑控制原理、指令系统及程序设计方法和变频器调速控制原理、参数整定及运行特性分析、二者间通信与联动控制技术等内容,以使学理解和掌握电气控制系统的基本原理并对于社会生活与工业生产过程控制中的信号采集、逻辑判断、顺序控制、速度调节及系统集成等方法予以掌握,同时在此基础上借助典型的工业控制对象(如电动机多段调速系统、传送带分段启动系统等),结合 PLC 可编程控制和变频调速技术,实现完整的电气自动化控制系统的构建^[1]。通过基于 PLC 与变频器的电气控制技术课程除让学生掌握独立完成 PLC 程序设计与调试能力外,还需要培养出他们包括控制系统方案分析、控制逻辑设计、参数优化和系统故障诊断等综合工程能力。

【作者简介】刘传顺(1973-),男,中国山东鄄城人,本科,副教授,从事电气自动化技术研究。

3 基于 PLC 与变频器的电气控制技术课程项目化教学模式构建

3.1 构建以真实工业任务为导向的教学项目体系

基于 PLC 与变频器的电气控制技术课程项目化教学模式中,构建以真实工业任务为导向的教学项目体系,应以工业现场控制系统的典型任务为蓝本,遵循“任务驱动—过程导向—结果验证”的设计思路,形成多层次、渐进式的项目体系。首先,教学项目的选题应依据自动化生产线中常见的控制单元进行功能抽象与结构化重构。例如,在基础层面设置三相异步电动机正反转及顺序启停控制项目,要求学生完成控制电路原理分析、I/O 点分配及程序逻辑设计;在中高级层面设置变频调速恒压供水系统,通过 PLC 对变频器的多参数(如运行频率、加减速时间、PID 控制参数等)进行综合设定,实现压力闭环调节;高级层面上则考虑设置输送带群组协调控制或液位自动调节系统的功能设计,以培养学生对多机互锁、通信控制以及多模块间的信号协调编程调试能力。另一方面项目结构设计按照工程化的标准来搭建,如电气系统方案设计—硬件选型—参数设置—PLC 逻辑编程—变频器通信—控制策略实现—系统仿真—现场调试,教师带领同学们严格按照企业实际控制系统工程化样板进行设计并且 PLC 型号、变频器类型和外围电气元件选择和工业现场相同,从而使教学实验平台的功能实现与控制逻辑具有可重现性和稳定性^[2]。除上述几方面以外,各级项目均实施分阶段的任务分解,即把原先单一的大项目分解成信号采集、逻辑判断、执行控制和参数优化几个模块,随后在项目开展过程要求学生完成输入输出信号映射、程序逻辑优化与调试验证,从而培养他们电气控制的工程化思维与系统集成能力。

3.2 构建基于 PLC 与变频器综合控制的任务驱动教学流程

构建以 PLC 和变频器综合控制为基础的任务驱动教学流程时,重点在于围绕项目化教学理念展开,依照实际的电气控制项目案例对所学习的控制任务分解成分步骤实施完成且相互间具有关联性的教学单元,具体为:教师在教学准备环节中应根据典型工业控制案例编写任务书,并明确以下要素:①系统功能目标;②控制对象的特点;③输入/输出信号定义;④控制流程及逻辑时序关系。同时以系统控制框图与信号交互逻辑图形式确定重要设备参数,如 PLC、变频器型号及它们之间的通信方式(RS485/以太网)等。任务书的编写要使得学生清楚认识到各个学习项目之间的联系,从而在任务开展前让他们形成完整的控制系统认知。任务实施环节,学生在教师指导下需要根据任务书完成 PLC 主程序和子程序(如启动、停止、正反转、调速、故障保护等)的编写,设置相关的内部变量、中间继电器来完成相关功能,同时对变频器做相关参数设置(如加减速时间、最高运行频率、PID 调节参数、通信地址等)来达到 PLC

远程控制变频器启停、频率设定等目标。针对硬件接线学生须根据电气原理图进行控制回路以及主电路的接线,同时对输入输出端子加以编号标识,保证各个信号间一一对应。教师对各阶段的课程学习过程以动态巡检的方式掌握学生学习与任务开展情况,并指导他们识别 PLC—变频器联动控制模拟量映射关系和通信协议配置出错问题,保证了整个系统调试期间控制逻辑闭环完整。系统实际运行及优化环节,学生使用 PLC 监控界面或者上位机监控软件实时采集运行过程中电机的转速、输出频率、电流反馈和故障信号等数据,随后根据采集的数据波形和状态值通过修改控制参数来使系统的响应特性得到优化,从而让电气控制系统达到更精确的稳态性能。任务驱动教学流程的主线应紧紧围绕着“任务分解—编程实施—系统调试—参数优化”开展,以构建起课堂教学与工程实践深度融合的电气控制系统综合训练路径。

3.3 构建基于岗位能力需求的教学评价体系

构建基于岗位能力需求的教学评价体系,关键在于结合电气控制系统实际工作流程为导向形成覆盖教学全过程、多维度的评价体系。首先,改变过去以传统理论测试为主的单一评价方式,而是以电气控制系统设计与调试岗位的能力综合测评为核心内容,并基于此开展涉及 PLC 梯形图编程准确性、I/O 地址分配合理性、变频器参数整定精度、电机运行稳定性以及控制逻辑完整性等评价指标体系建设。在评价中,注重考查学生的电气控制系统架构设计、信号采集配置、程序模块化编写、人机界面逻辑互操作规范、故障分析和故障排除能力。其次,在项目化教学的各个阶段嵌入过程性评价,分别对于方案的设计论证、控制回路的绘制、接线规范的实施、调试过程的记录、组内的任务分工等情况进行持续跟踪和评分,并且教师通过观察记录、阶段性汇报和现场答辩等方式对学生出现问题后的诊断、控制逻辑的修正、参数的优化情况进行量化[3]。以系统的调试效果作结果性评价核心,侧重于考查学生所设计电气控制系统运行逻辑正确性、响应速度、抗干扰能力和系统的长时间稳定性,同时也要考虑程序结构是否便于后续的扩展和维护等。此外,项目考核还应实行基础技能、综合运用和创新分层评价机制,并把学生创新性控制策略提出,异常工况下应急处置能力和系统节能优化算法的实现等作为高阶评判维度。最后,实行教师和企业工程师组成的联合评价体系,根据企业的真实生产案例共同来制订评判细则,从校企两方面对教学成果与岗位能力要求的符合程度进行评价,保证评价结果符合行业标准并且贴合岗位需求。

3.4 优化 PLC 与变频器控制系统综合实训平台

针对电气控制技术课程项目化教学模式中系统化和工程化要求,对综合实训平台优化设计须体现出 PLC、变频器集成控制的特点,为此应由平台结构构成、功能配置及安全防护三方面开展深入研究。首先,针对平台硬件体系应遵循模块化与可重构的原则,PLC 的主控单元可以选择西门

子 S7—1200 或三菱 FX5U 系列 PLC，再加上集 V/F 和矢量控制于一体的通用变频器组合，以达到对不同电机控制实验场景的快速切换目的；在信号输入方面需要选用电压型的压力传感器、光电开关、位移传感器等通用化的模拟传感器；在执行端选择继电器接触器、电磁阀、异步电动机等工业元件保证电气控制系统教学与工业现场工况的兼容性。其次，电气控制系统的通信与数据交互设计环节，需要建立一种能够满足多协议融合通信的架构，并为支持 PLC、变频器以及上位机监控终端的同时运行应设置 RS485、以太网以及 CAN 总线等多种模式的接口，以完成对于系统的多目标控制以及分组的信号采集任务。同时还可以在硬件平台上加入仿真调试的模块，设置仿真 IO 映射的方式实现对控制逻辑的离线验证，配备可视化的监控终端对学生程序运行过程进行状态的检测和模拟出现的故障情况，最终达到教学中“虚实结合”的程序调试。此外，针对平台的控制模式设计环节，可以设计成手动、自动和远程 3 种控制模式。其中，手动模式主要用来验证基本的逻辑；自动模式主要用来完成复杂的控制闭环运行分析；远程模式可以通过局域控制终端进行跨站监测和参数调整。通过这三种模式设计让学生了解不同的控制层次是如何互相配合的。最后，平台电气安全环节则须充分依据教学设备的安全标准，以 24V 直流供电方式，采取过流双重保护以及急停回路，且所有关键点的位置都应设置绝缘隔离及故障自检模块，这样能在出现误操作或者超负荷的时候都可以断开电源保护好控制器和执行机构^[4]。

3.5 建立跨阶段教学衔接的项目递进机制

在课程体系构建跨阶段的项目递进机制，应将教学任务划分为基础控制、综合控制与系统集成三个连续层级；基础层以 PLC 梯形图与功能块指令为教学核心，设计单回路实训任务以实现继电器逻辑向 PLC 指令的迁移、定时器 / 计数器的工程化应用、模拟量采集与传感器标定，并要求提交功能分解图、输入输出映射规则与硬件接线图，以确保学生熟练掌握离散指令序列与硬件接口定义；综合层增加变频器参与，设置速度闭环控制任务（测速反馈回路、PID 整定流程、转矩限制策略及负载模拟平台）、矢量控制验证与多电机并

联协调工况，要求完成闭环阶跃响应测试、频率—转速标定曲线拟合、同步启动与再同步策略设计与试验验证；系统集成层布置生产线级模块化工艺段（缓冲、输送、分拣），要求实现 PLC 与变频器在控制参数继承、互锁逻辑及工况切换中的工程化约定，制定分层故障诊断流程、全流程调试规程与性能验收指标；阶段衔接通过控制算法迁移、参数模板链、调试手册及试验基线实现知识链条的连续性，教学过程中教师主导开展项目回顾、设计重构与故障根因分析，并要求形成设计变更记录、调试日志与标准化试验台账以支撑项目迭代与成果验收；各阶段并设置量化评价指标（稳定时间、超调率、能耗指标）与硬件安全联锁验收表，要求学生提交实验报告、程序注释与现场调试录像作为系统化交付件^[5]。

4 结语

基于 PLC 与变频器的电气控制技术课程项目化教学模式，是当前高校应对工程应用型人才培养需求的重要路径。该模式通过以真实工业任务为驱动、以岗位能力为导向、以实践操作为核心，构建了理论教学与工程实践深度融合的教学体系。通过项目体系构建、任务流程优化、评价机制创新与实训平台支撑，课程实现了教学内容与产业应用的精准对接，为学生掌握现代工业控制系统设计、调试与优化能力提供了系统化支撑。

参考文献

- [1] 张慧.基于工作过程"PLC与变频器技术应用"课程的改革与实践[J].2021(2013-9):154-157.
- [2] 徐晓旋.变频器应用技术课程教学改革探索与实践[J].新教育时代电子杂志(学生版),2023(40).
- [3] 王建莉,张总,藺文刚.《电气控制与PLC应用技术》项目化技能教学改革与实践[J].中国设备工程,2020(5):4.
- [4] 柳智鑫,王晓娟.翻转课堂教学模式在电气控制与变频器技术课程教学中的应用实例[J].海峡科技与产业,2020,033(011):77-79.
- [5] 易铭,黄远民,欧幸福,等.基于OBE-CDIO的"现代电气控制技术"课程项目化教学改革探索[J].广东职业技术教育与研究,2024(8):113-118.