

# 成果导向与产学合作融合的学生培养模式

杨喜军 吴 双 侯孝涵 常中科

(上海交通大学 电气工程系, 上海 200240)

**摘要:**成果导向教育(OBE)通过一系列有效的教学实践使学生最大化地获得学习能力、实践能力、学习愿望和实践成果,产学合作协同育人项目是一种针对性较强、目的明确的教学实践。描述了研究生主持的英飞凌大学生创新创业联合基金项目“基于iMOTION控制器的PMSM对拖控制系统”的执行情况,包括项目任务、培养模式、成果取得。该项目的实施结果表明,产学合作协同育人项目是一种有效培养高素质研究生的新模式。

**关键词:**成果导向教育;培养模式;产学合作协同育人;创新创业

中图分类号:C642

文献标识码:A

文章编号:1008-0686(2023)01-0001-03

## Student Training Mode of Integration of Achievement Orientation and Industry University Cooperation

YANG Xijun WU Shuang HOU Xiaohan CHANG Zhongke

(Department of Electrical Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

**Abstract:** Outcome-based education (OBE) is to maximize students' learning ability, practical ability, learning desire and practical results through a series of effective teaching practices. The collaborative education project is a kind of teaching practice with strong pertinence and definite purpose. In this paper, the implementation of the project "PMSM dual-drive control system based on iMOTION controller" of Infineon university students' innovation and entrepreneurship joint fund is described, including project tasks, training mode and achievements. The implementation result of this project shows that the collaborative education project of industry-university collaboration is helpful to develop a new training mode towards high-quality postgraduates.

**Key words:** outcome-based education; training mode; industry-university collaborative education; innovation and entrepreneurship

自2014年起,教育部高等教育司面向企业征集合作项目,由企业提供免费支持,以产业和技术发展的最新需求推动高校人才培养改革,深入推进产学合作协同育人,汇聚企业资源支持高校专业综合改革和创新创业教育<sup>[1-5]</sup>。教育部产学合作协同育人项目旨在通过政府搭台、企业支持、高校对接、共建共享,深化产教融合,促进教育链、人才链与产业链、创新链有机衔接,以产业和技术发展的最新需求推动高校人才培养改革。产学合作协同育人项目坚持主动服务国家经济社会发展需求,服务战略性新兴产业发展需求,服务新工科、新医科、新农科、新文科建设需求,服务企业基础性、战略性研究需求,鼓励相关企业不以直接商业利益作为目标,深化与高校产学合作,促进培养目标、师资队伍、资源配置、管理服务的多方协同,培养支撑引领经济社会发展需要的高素质专门人才。产学合作协同育人项目实行项目制管理,主要包括六类:新

工科、新医科、新农科、新文科建设项目,教学内容和课程体系改革项目,师资培训项目,实践条件和实践基地建设项目,创新创业教育改革项目及创新创业联合基金项目。2018年1月30日教育部颁布了《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》,这是我国发布的第一个高等教育教学质量国家标准<sup>[6-9]</sup>。为了符合该国家标准,必须改变传统内容导向教育(CBE)方式,快速转移到成果导向教育(OBE)轨道上。产学合作协同育人项目就是一种非常有价值的成果导向教育途径。为了配合落实教育规划纲要,实践产学合作育人机制,2019年英飞凌推出开展产学合作育人项目,包含三方面内容:一是创新创业教育改革项目(面向高等院校);二是大学生创新创业联合基金项目(面向本科生和研究生);三是教学内容和课程体系改革项目(面向高校教师)。

英飞凌设立的大学生创新训练项目,目的在于

配合教育部大学生创新创业训练计划的开展,锻炼相关专业学生的创新能力和实践能力,提升其综合素养。2019 年 8 月课题组内一位硕士研究生成功获得该项目的立项,题目为基于 iMOTION 控制器的 PMSM 对拖控制系统,要求采用 iMOTION 电机数字控制器实现各类小功率电机的创新应用。给出了该项目的执行情况,包括项目任务、培养模式和取得成果,为探索新型硕士研究生培养模式提供参考。

## 1 项目任务分析

英飞凌 iMOTION 指数字电动机控制器,为英飞凌专有的高度集成变速驱动控制产品集成电路,内置有直流链路或桥臂分流电流测量所需的控制和模拟接口功能,专门用于永磁同步电机无传感器磁场定向控制(FOC),是一种得到现场验证的电机控制引擎(MCE),无需用户对电机控制算法进行软件编码,即可以实现变速驱动。

英飞凌提供了 MCEwizard 和 MCEDesigner 等功能强大的辅助工具,大大缩短开发进程。iMOTION 广泛应用于洗衣机、压缩机、风机、吹风机、冰箱、水泵、门驱动、伺服驱动和工业传动等应用场合。英飞凌还提供模块化应用程序设计工具包(MADK)评估平台,如图 1 所示。

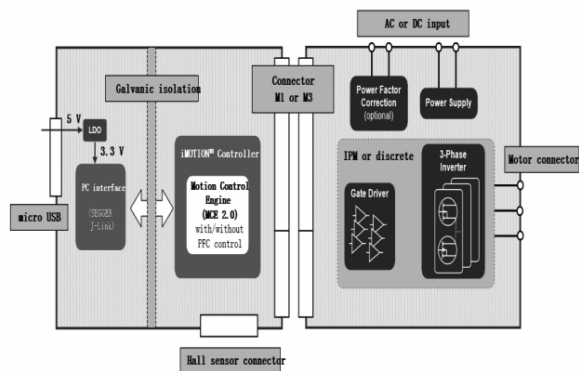


图 1 英飞凌模块化应用程序设计工具包(MADK)

这是一种紧凑灵活的三相电机驱动评估平台,带有控制器和智能功率模块(IPM),可选无传感器或有传感器,涵盖从 20 W 到 11 kW 的电机驱动应用。该平台提供了一个模块化和可扩展的系统解决方案,具有不同的控制板选项和一系列的电源板。通过使用 MADK 标准化平台接口,不同的控制板和电源板可以组合成一个完全符合应用要求的系统。M1 接口支持对一台电机的控制,M3 接口增加了对单相有源功率因数校正(APFC)的控制。这种模块化方法成本低廉,允许开发人员在评估和开发阶段获得最大的灵活性和可伸缩性。研究目的主要是建立基于 iMOTION 控制器的永磁

同步电机对拖平台,并设计出比例联动和互馈对拖协同调速策略,丰富研究生的实验内容,不断提升实验教学质量。

项目思路主要包括七点:①掌握英飞凌 iMOTION 控制板和功率板的全部技术信息,建立与英飞凌联络人之间的沟通渠道;②根据拟定研究内容,分析归纳总结现有技术资料,提炼关键技术和制定研究目标和技术路线;③采用 Matlab/Simulink 建立详细的仿真分析平台,进行全面的仿真分析,包括电压源逆变器的 SVPWM 算法、PMSM 矢量控制调速策略以及相应的控制理论,尤其是不同工况下比例联动和互馈对拖的调速策略、FOC 无传感器调速策略等;④建立 iMOTION 控制板和功率板的单机驱动控制系统;⑤建立 iMOTION 控制板和功率板的双机驱动控制系统和同轴驱动机组;⑥采用计算机作为上位机,编制和调试 PMSM 调速控制程序,实现比例联动和互馈对拖协同调速策略;⑦实现低压小功率双 PMSM 的比例联动和互馈对拖协同控制实验平台,供研究生进行实验操作。

## 2 培养模式分析

鉴于 PMSM 电力传动系统涉及电压源逆变器调制算法、PMSM 调速策略、控制理论、负载特性等多方面知识,要求研究生具有比较深入的专门知识,且具有合理的知识结构。

结合产学研合作协同育人项目,制定研究生学位论文题目,且随着项目的进行和获得的阶段成果,不断地调整论文的主要研究内容和创新点,确保研究内容的前沿性和创新点的先进性。

产学研合作协同育人项目应该面向教学,有关研究成果结合到研究生选修课程“电力传动控制综合实验”,由此弥补教学实验安排不足的问题,借此丰富硕士研究生课程的实验内容。

在产学研合作协同育人项目执行过程中,始终面向产业和技术发展的最新需求,力争解决 1~2 项企业技术难题,并使执行进程转为研究过程,不断提炼和整理出有价值的学术问题,项目执行过程应与高校研究生培养计划相统一。

能否建立良好和互信的合作机制是产学研合作协同育人项目执行情况好坏的关键,在项目执行过程中,校企负责人之间保持密切的信息沟通。学生需要什么支持、企业能够提供什么支持,需要在执行中不断地调整。同时,教师要给予学生必要的指导和支持,共同解决一些随时出现的新问题。

仿真分析是一种非常重要的辅助手段,在项目

执行中,学生可以随时验证自己的新观点和新想法。学会仿真分析后,学生就可以做到自我指导和自我验证,解决实验前“中间环节”的各个问题。

硬件的设计与实现、软件的算法编程是检验学生能力和项目成败的最重要环节,该项目的最终成果表现形式就包括基于 iMOTION 的对拖实验平台和基于 DSP F28377 的单拖实验平台。

### 3 取得成果分析

在 PMSM 调速理论方面,首先,提出了基于高频方波注入法的表贴式永磁同步电机无传感器矢量控制技术,适合零速和极低速运行工况,克服了两种传统高频电压注入法无传感器矢量控制技术的不足,得到了仿真和实验验证;其次,提出了基于同步轴系滤波器的死区谐波电流补偿方法,并发现了电压源逆变器死区导致输出基波电压相移的问题,进而提出了一种死区引起基波电压相移补偿策略,得到了仿真和实验验证。

在实验平台方面,首先,完成了基于 iMOTION 的对拖实验平台的仿真分析、平台搭建和软件调试,如图 2 所示,一台 PMSM 工作在转速控制的电动状态,另一台 PMSM 工作在转矩控制的发电状态。其次,完成了基于 F28377 的单拖实验平台的仿真分析、平台搭建和软件调试,如图 3 所示,实现了零速和极低速度下高频方波电压注入的表贴 PMSM 的无位置传感器矢量控制。

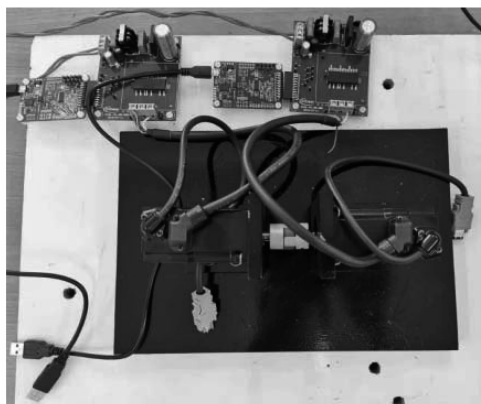


图2 基于 iMOTION 的对拖实验平台

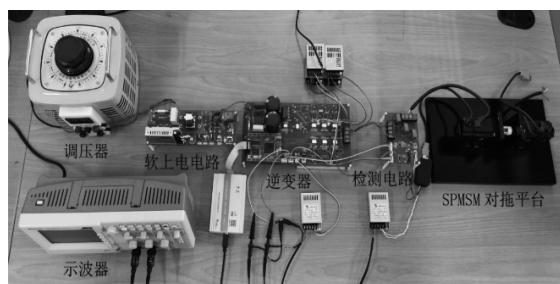


图3 基于 iMOTION 的单拖实验平台

在论文与专利方面:以第一作者身份,该研究生发表 2 篇核心期刊、2 篇英文会议论文和 3 篇非核心期刊,以第一作者身份授权一项发明专利 (ZL201910240870. 9) 和 1 项实用新型专利 (ZL201822117373. 3),并参与多篇非第一作者论文和多项非第一作者专利,最终获得专项奖学金和校级优秀毕业生奖励。

### 4 结语

给出了一项英飞凌大学生创新创业联合基金项目的立项与执行情况,包括对项目任务、培养模式与成果取得分析。通过该项目的实施,获得了一些经验和体会:①鼓励有能力和有愿望的研究生申请、主持或参加产学合作协同育人项目,并实施有效的项目管理;②产学合作协同育人项目提供了一种非常有价值的研究生培养模式,是一种有效的成果导向教育实践,可以形成成果;③学生执行产学合作协同育人项目期间,教师和企业应该提供必要的支持和指导,不必过度干预学生的创新思维和行为尝试;④在条件允许的情况下,产学合作协同育人项目的有关成果经过优化后可以进入课堂或实验室。

### 参考文献

- [1] 张姿炎. 产学合作协同育人的机制研究[J]. 高教学刊, 2020(20): 163-165.
- [2] 岳静, 刘忠慧. 产学合作下的生产实习模式探索[J]. 教育教学论坛, 2020(25): 265-266.
- [3] 李云红, 张晓丹, 潘杨, 等. 基于创新创业教育的人才培养模式探索[J]. 教育教学论坛, 2020(16): 84-85.
- [4] 王成义, 杨磊, 郭秀梅. 产学合作协同育人背景下电子综合实践课程教学改革探究[J]. 高教学刊, 2020(3): 146-147, 150.
- [5] 侯卫红, 刘金娥. 高校协同育人培养机制创新方向探讨[J]. 中国大学教学, 2020(1): 42-44.
- [6] 陈丹江, 樊慧丽, 杨亚萍. 基于 OBE 理念的电气工程专业改革思路[J]. 电气电子教学学报, 2019, 41(6): 37-40.
- [7] 王璐. 基于 OBE 的“卫星通信”课程改革与实践[J]. 电气电子教学学报, 2019, 41(6): 73-76.
- [8] 郝宪锋, 李林, 陈璨, 等. 基于 OBE 理念的“电子技术实验”考试平台研制[J]. 电气电子教学学报, 2019, 41(5): 154-158.
- [9] 张浩, 郭文忠, 董晨. 面向需求和产出的产学研合作协同育人机制探究[J]. 科技创业月刊, 2020, 33(5): 124-126.