

自动化专业“电力电子技术”课程综合实践的探索

郭鑫 焦尚彬 刘军

(西安理工大学自动化与信息工程学院, 西安 710048)

摘要:“电力电子技术”是一门基于控制理论、电子学和电气工程等学科的交叉科学技术,其工程实践能力的培养离不开与控制理论等课程的深入融合。对自动化专业学生面向工程应用的课程融合教学理论进行了探索,建立了电力电子技术综合实践课程教学实验平台并提出了教学改革方法。多课程融合、面向应用的实践教学有助于培养学生学习兴趣,深化课程知识掌握,提高顶层设计和解决工程实际问题的能力。

关键词:电力电子技术;自动化;综合实践

中图分类号:G642.0;TM 76

文献标识码:A

文章编号:1008-0686(2023)01-0175-04

Exploration on Comprehensive Practice of Power Electronic Technology Course for Automation Specialty

GUO Xin JIAO Shangbin LIU Jun

(Department of Automation and Information Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: The power Electronics Technology is an interdisciplinary science based on the control theory, the electronics and the electrical engineering, where the engineering practice ability is based on the in-depth integration of the control theory and other courses. The teaching theory of curriculum integration is explored for automation students oriented to engineering application, where a teaching experiment platform is established and the teaching reform methods are proposed for a novel power electronics technology comprehensive practice course. The multi-course integration and application-oriented practical teaching method is helpful to cultivate students' interest in learning, deepen their mastery of course knowledge, and improve their ability of top-level design and solving practical engineering problems.

Key words: power electronics technology; automation; comprehensive practice

“电力电子技术”是自动化及电气工程等专业重要的专业基础课程,同时也是一门基于控制理论,电子学和电气工程等学科的交叉科学技术^[1]。伴随着我国“双碳”战略^[2]执行的不断深入及新能源、微电网、电动汽车等技术的不断发展,社会对于具有综合高素质电力电子人才的需求不断增加。然而,随着国内各高校自动化专业教学改革的深入,作为其专业基础课程的“电力电子技术”课程学时逐渐减少。此外,在教学中将涉及电力电子系统的专业知识划分成若干门课程进行教授。如“电力电子技术”课程中仅对电力电子系统中所涉及电力电子电路的基本工作原理及工作方式进行介绍^[3],其中涉及控制实现在“自动控制理论”课程中讲述^[4],而涉及传感器等在“检测技术”课程中讲述等。这就造成学生被动接受理论知识,难以

主动建构知识体系,在学习完相关课程后,缺乏对于电力电子系统的统一认知及对于系统的设计及实现能力的问题^[5]。体现在学生掌握控制理论却不会对电力电子电路建模或知道电力电子电路工作原理却不会用理论分析并设计控制器实现电路状态控制等现象。

为满足应用型人才培养目标,在专业课程教学以外开设基于电力电子技术课程的综合实践,从而培养学生对于电力电子系统分析和设计能力及提升工程实践和创新能力变得至关重要^[6]。探索了基于电力电子技术的多课程融合实践教学方法,以电力电子电路为对象,针对自动化专业学生开展面向应用的电力电子系统设计、控制、仿真及实验验证的综合实践教学。教学实践表明,实践教学课程对于提升学生学习积极性,建立系统性工程思维,

收稿日期:2021-12-22;修回日期:2022-09-10

基金项目:西安理工大学教学改革项目(xjy1745);西安理工大学教育教学改革研究项目(xjy2213)

第一作者:郭鑫(1986—),男,博士,讲师,主要从事电力电子技术、电力系统分析课程的教学和高效电力电子变换器建模与控制的研究工作,E-mail:guoxin@xaut.edu.cn

巩固多课程学习成果,并提高解决工程实际问题的能力具有十分明显的优势。

1 “电力电子技术”综合实践课程开展与建设

1.1 课程体系

综合实践课程在大三学年自动化专业学生完成“电力电子技术”及“自动控制理论”课程教学后,可作为对于课堂教学环节的补充,以 2 周课程设计或实训课程开展。

1.2 教学目标

综合实践课程教学目标设计如下:①具有扎实的电力电子电路分析和设计的能力,能够根据工程目标要求选用合适的电路拓扑及参数实现电能转换要求;②针对电力电子电路运用“自动控制理论”课程知识进行传递函数模型建立,Bode 图分析及校正控制器设计;③熟练运用仿真软件对所设计控制器实现仿真验证及分析;④基于教学实践平台,编制基于单片机的校正控制器程序,实现电力电子电路目标跟踪控制;⑤具有良好的团队协作和沟通能力。

由以上教学目标可见,该综合实践课程以“电力电子技术”课程为基础,围绕电力电子系统设计中的关键环节,要求学生结合“自动控制理论”“单片机技术”“C 语言”“数字信号处理”“检测技术”“Matlab 技术”等专业课程知识进行综合实践训练,从而培养学生知识综合应用及电力电子系统设计和解决工程实际问题的能力。

1.3 教学环节和内容

依据教学目标,“电力电子技术”的综合实践课程教学可划分为以下教学三个环节,如图 1 所示。

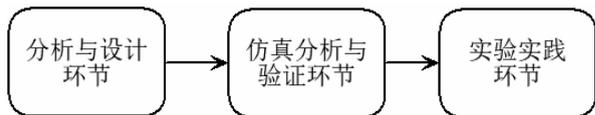


图 1 教学环节

以“电力电子技术”课程中重要的基本斩波电路 Boost 电路为例,其综合实践教学各教学环节开展过程如下:

在教学环节 1 中,教师将基于“电力电子技术”课程所学对 Boost 电路的工作原理、计算公式,电路参数对于电路工作模式影响,在电动汽车、新能源发电技术中的应用等进行介绍。基于教师介绍内容,要求学生基于工程应用(如 10 千瓦电动汽车车载充电系统)设计 Boost 电路参数(电感、电容、开关频率等)并搭建 Matlab 或 Psim 仿真模型进行开环仿真分析。

在教学环节 2 中,教师将基于“自动控制理论”课程所学介绍针对 Boost 电路的小信号建模原理,传递函数表达,Bode 图分析及校正控制器设计原理等。基于教师介绍内容,引导学生对所设计参数条件下 Boost 电路建立传递函数模型并进行 Bode 图分析。基于 Bode 图分析结果设计校正控制器实现 Boost 电路的输出直流电压跟踪控制,并搭建仿真模型对控制器进行验证及分析。

在教学环节 3 中,教师将对基于 Boost 电路的教学实验平台原理图、主要元器件、采样及驱动电路、保护电路等进行介绍。同时,基于“单片机技术”及“C 语言”课程等,介绍通过基于单片机编程实现占空比控制并产生脉冲宽度调制(PWM)波形,从而实现 Boost 电路输出直流电压控制的原理。基于教师介绍内容,要求学生以小组形式在教学实验平台上编制程序并与仿真结果比较。教师将对学生实验结果进行考察及答疑。

综上所述,该电力电子技术综合实践课程教学中,区别于传统课程中以电路拓扑,触发、调制原理为理论和实验教学重点,以及对于工程对象(电路)和控制理论(建模和校正控制)等分开教学的方式,从电力电子系统出发以工程实例设计教学环节,使学生掌握对于系统的分析和设计能力,以达到具有解决工程实际问题能力的培养目标。

1.4 教学特点及创新

由以上教学目标及教学环节可见,作为一门在专业理论课程外的综合实践课程,具有以下特点及创新:

1) 独立编制的教学指导材料和自制实验平台

由于综合实践课程具有涉及专业课多,知识点多及实践环节多的特点。因此,从工程实例出发,编制以“电力电子技术”中电路为对象融合各专业课程知识点的教材并配合以相应的自制实验平台是课程教学的重要特点。实际教学中所自制的教学实验平台如图 2 所示。

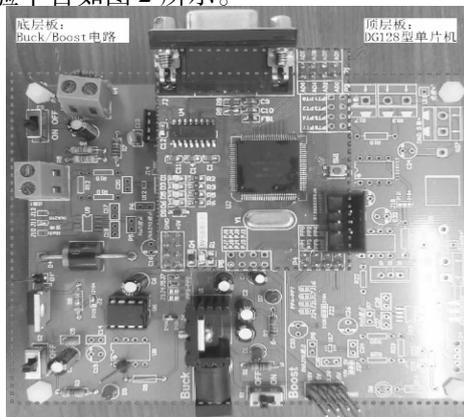


图 2 自制的教学实验平台

自制的教学实验平台,其构建过程是让学生自己焊接电路器件并完成系统调试。同时,实验平台基于 Codewarrior 软件完成对于实现控制功能的飞思卡尔 DG128 型单片机编程。任课教师对单片机状态预先配置并生成程序代码,学生只需在相应程序空白处编写自身所设计校正控制器程序便可,极大地降低了学生学习及操作的难度。实际教学中设计针对 Buck/Boost 变换器实验程序例程如图 3 所示。

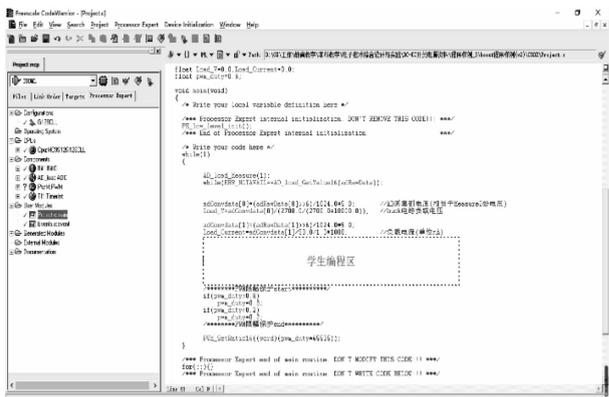
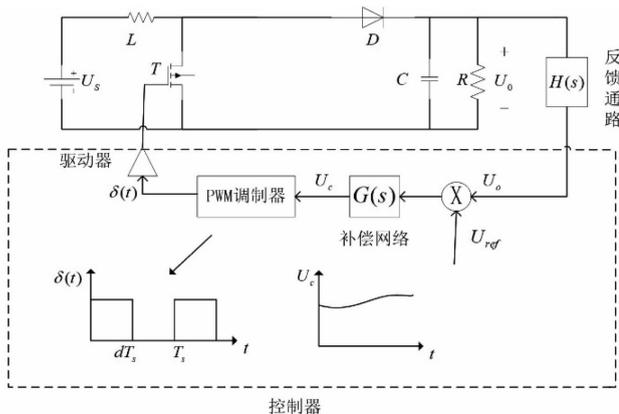
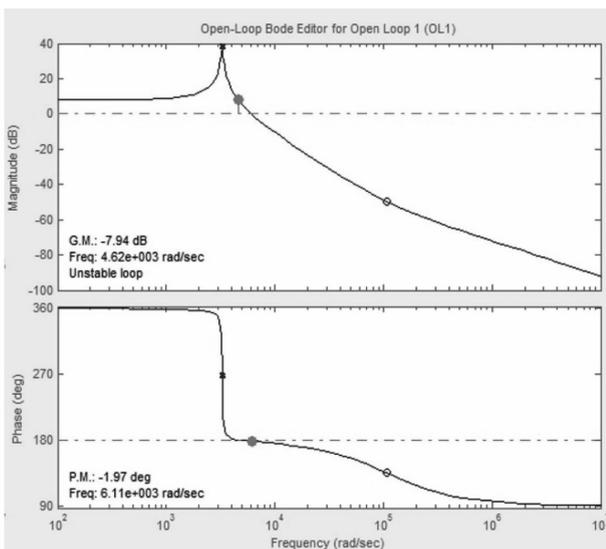


图 3 实验程序例程操作界面



(a) Boost 电路闭环校正控制系统



(b) Bode 图

图 4 以 Boost 变换器为例的校正控制器设计及 Bode 图分析方法

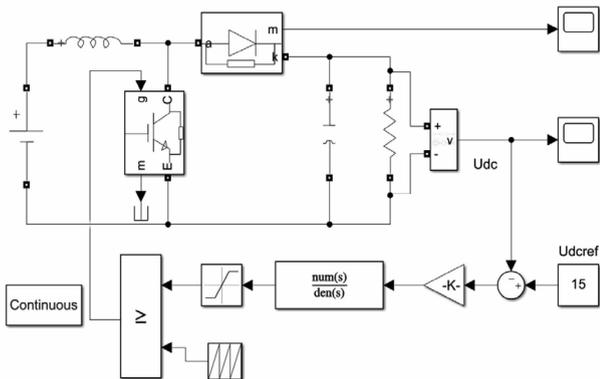


图 5 Boost 变换器闭环校正控制 Matlab 仿真实例

2) 完善的图、表、仿真实例及教学视频

在教学中,将系统分析及设计所涉及理论和过程通过大量图、表、仿真实例和教学视频的形式展示,是该课程的重要特点。例如,Boost 电路闭环校正控制原理及所涉及“自动控制理论”课程中 Bode 图分析如图 4 所示表现。Boost 电路滞后 (PI) 校正控制 Matlab 仿真实例如图 5 所示。该教学方法的采用对于减小学生学习负担,提升学习兴趣和效率,提升系统分析思维能力具有十分明显的效果。

3) 结合国家能源发展战略的课程思政教育

我国以 2060 年实现“双碳”目标作为国家战略,而其中电力电子技术在新能源技术中的应用是实现“双碳”战略的保障。因该课程面向应用的教学特点,在实际教学环节中通过实际新能源技术应用电路拓扑和算法理论的介绍,在加深学生对于技术知识掌握的基础上,潜移默化地加深学生对于国家能源战略、环境保护及利用,技术进步对于人类文明进步影响等思政元素的理解。例如,以光伏发电系统中基于 Boost 或 Buck 电路的光伏最大功率跟踪系统 (MPPT)^[7] 为应用背景进行课程学习与实验。

2 结语

基于教学经验,探索了针对自动化专业学生的“电力电子技术”综合实践课程设计、建设及教学的方法,并开发了基于单片机的实践教学平台、仿

真及实验例程、课程教材及教学视频。其创新之处在于采用了多课程融合实践教学方法,以电力电子电路为对象,打通了各专业课程间的知识体系,实现了学生对于系统认识、分析与设计能力的全面提升。在切实提高教学质量的同时,对培养高综合素质应用型“新工科”人才的教学改革模式进行了探索。

参考文献

- [1]王兆安,刘进军.电力电子技术(第五版)[M].北京:机械工业出版社,2009.
- [2]高虎.“双碳”目标下中国能源转型路径思考[J].国际石油经济,2021,29(3):1-6.

- [3]嵇保健,郝培华.“电力电子技术”课程教学方法研究[J].电气电子教学学报,2014,36(1):66-67.
- [4]张园,刘淑波,初俊博.“自动控制原理”课程教学改革的探索与实践[J].电气电子教学学报,2021,43(4):75-77.
- [5]佟明昊,程明,许芷源,等.电动汽车用车载集成式充电系统若干关键技术问题及解决方案[J].电工技术学报,2021,36(24):5125-5142.
- [6]许胜,李彦林,曹健.面向新工科的“电力电子技术”课程综合设计[J].电气电子教学学报,2019,41(2):155-158.
- [7]任海鹏,郭鑫,杨彧,等.光伏阵列最大功率跟踪变论域模糊控制[J].电工技术学报,2013,28(8):13-19.