

《自动控制原理》课程教学设计与实践

孙昌跃, 欧青立

(湖南科技大学 信息与电气工程学院, 湖南 湘潭 411201)

摘要:针对“卓越计划”的目标和社会对电气工程与自动化专业人才能力的要求,就主干课程《自动控制原理》的教学设计与实践,介绍了课程教学组织、教学思路、教学手段等情况。基于教学过程的反馈闭环控制和采取配套的教学方法及教学措施,以确保学生学习效果的提高和教学目标的实现。

关键词:卓越计划;自动控制原理;课程教学设计

中图分类号:G642.0 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-5884(2014)11-0044-03

“卓越工程师教育培养计划”是推进我国高等工程教育改革,促进高校培养适应社会发展需要的高级专门人才的重要举措。因此,提高人才培养质量、培养创新型工程人才就成为工科类高校教育目前面临的重要任务^[1]。我校是教育部批准实施“卓越计划”的高校,电气工程及其自动化专业是首批进入该计划的专业之一。为贯彻学校以社会需求为导向、以提高人才培养质量为目标、主动对接“四化两型”建设战略的人才需求和旨在培养具有“厚基础、宽口径、强适应、有特长”的高素质创新型人才的指导思想,落实“卓越计划”的要求,我们对现有电气工程及其自动化专业的课程体系进行了梳理和调整,以适应工程能力素质培养为主线的“卓越工程师”人才培养模式。其中,自动控制原理是电气工程及其自动化专业的主干课程之一,所涉及理论知识不仅是后续其它专业的基础,而且其教学效果关系本专业“卓越工程师”的预期能力培养,因此该课程教学设计和实践具有现实意义。

1 以教学目标为中心的课程教学设计和实践

自动控制原理涉及控制工程的理论与实践,强调反馈控制系统的分析、设计与实际应用,是“卓越计划”电气工程及其自动化专业最重要的专业基础课程。除要求先修物理、高等数学等课程外,还要求具备拉普拉斯变换、线性代数等基础,因此,相对缺乏理论知识与工程实践的学生而言,其理论性和抽象性的特点决定了这门课程的难度。

《自动控制原理》课程教学以理论讲授为主,如何体现工程元素,使课程教学能更好地保证学生学习到“卓越工程师”所需的技术基础知识,我们从如下几个方面进行了初步的探索与实践。

1.1 基于反馈机理的教学过程组织

如图1所示,《自动控制原理》课程按照闭环控制系统的反馈机理组织教学^[2-3]。每一章开始讲授时就规定了本章节结束时学生应该掌握的基本知识点和应取得学习效果,使学生有明确的学习目标。每一章基本概念和基本原理讲解后,结合对精心挑选的工程实例分析,进一步阐述基本概念和基本原理应用,不断强化学生对基本概念和基本原理的理解、掌握及工程应用意识,并且每一章结尾对本章重点做简要的总结,以强调本章所涉及的主要问题和结论。其次,根据课堂测试、作业和实验的完成情况,通过及时调整课程讲授进度、安排习题课和讨论课等多种措施,帮助学生提高学习效果。总之,通过给学生设定每一章学习目标、根据对学生学习效果的评价结果和及时调整教学进度以及不断改进教学方法,使整个教学过程构成以促进学生学习效果为目的的闭环控制,确保教学目标的有效落实。

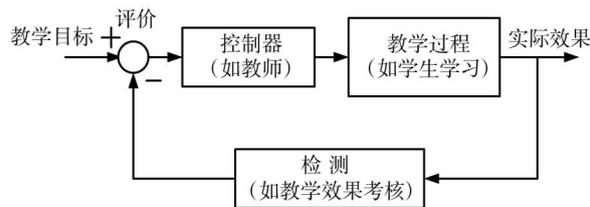


图1 教学过程的闭环控制

1.2 定性分析与定量分析相结合的教学思路

控制系统的定量分析显然是重要的,但对问题及其分析方法的定性或直观理解也是学生构建工程设计思维

收稿日期:2014-08-01

基金项目:湖南省普通高校教改项目(湘教通[2012]401号);湖南省科技厅省级重点实验室建设专项(2012TP4023-8);湖南科技大学教改项目(科大政发[2011]42号)

作者简介:孙昌跃(1962-),男,湖南蓝山人,高级工程师,主要从事控制科学与工程的教学与科研工作研究。

所需的关键因素。鉴于人们对新知识、现象的认知,总是遵循从定性到定量、再到定性的这一规律^[3]。因此,只要有可能,在进行定量分析和设计之前,都要定性地讨论新概念,以期在学生已有的知识基础上建构新知识。

例如在讨论基于根轨迹的校正方法时,引导学生观察附加开环零、极点对闭环系统零、极点分布的影响所导致的系统动态响应变化情况,使学生能在直观上理解与把握根轨迹校正方法的机理。又如讨论开环系统的 Bode 图时,将 Bode 图的低频段、中频段和高频段与相应闭环系统的稳态性能、稳定性与动态性能和噪声衰减性能联系起来,并结合对二阶欠阻尼系统定量分析所建立的时域性能指标与频域性能指标的关系(如阻尼系数与相位裕度、调节时间与幅值穿越频率的函数关系),为基于开环系统频率特性的校正方法奠定直观的工程设计思路。总之,在引入新概念、方法时,注重基本概念讲解和严格推

理及数学证明相结合,以符合人们对新知识、现象的认知规律来引导学生掌握整个课程的分析、学习思路。

1.3 仿真实验与硬件实验结合的教学方法

如前所述,自动控制原理课程涉及的数理知识较多,对学生的专业基础和抽象思维能力的要求较高。为了促进学生对基本概念和基本原理的正确理解与把握,我们利用湖南科技大学国家电工电子实验示范中心的现有实验装备,整合了一组自动控制原理物理实验项目。由于先修课程《电路原理》和《电子技术》奠定的基础,主要由运算放大器、电阻、电容和电感等基本器件组成的物理实验(如图 2 所示),不仅节省了学生实验准备、仪器仪表熟悉的时间,更为关键的是电工电子实验中心开放式管理模式为学生自主开展实验提供了一个灵活、宽松的学习环境,便于学生以各自认知模式来探索新领域和构建新知识。

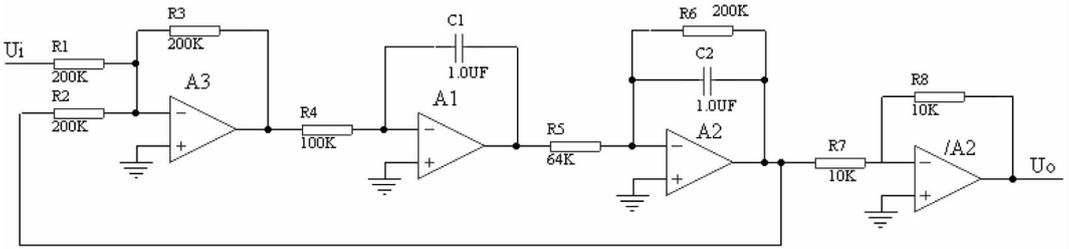


图 2 二阶系统实验模拟电路

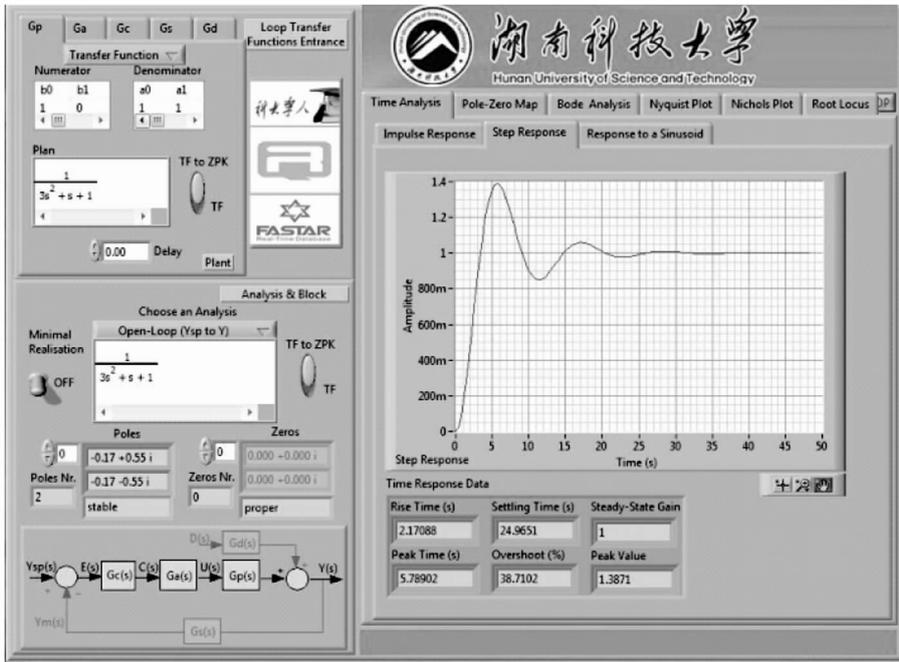


图 3 仿真实验平台界面

物理实验以其直观、感性形式为学生理解自动控制概念以及控制系统的分析方法和实际应用提供了载体,

但物理实验的使用毕竟受时间、安全等因素的限制而缺乏随时性。为了弥补物理实验的缺陷,我们在课程教学

中引入了仿真实验平台。如图3所示,仿真实验平台除提供时域分析、根轨迹分析、频率分析、控制系统的性能指标计算功能外,还涵盖控制系统的校正、PID调节器的设计和参数整定、离散系统的分析和设计功能。学生不仅可以通过仿真实验来验证每章所涉及的概念和基本原理,还可以采用“what if”探讨学习来观察系统参数和结构变化时所产生的结果。仿真实验平台配置要求低,能独立运行,特别适合物理实验前后的预习、复习任务和问题的求解。此外,仿真实验平台包容不同的学习方式,实验可以重复,便于迭代学习和随时使用,学生可以利用课外时间来进行自主实验和自我学习效果评价。另外,仿真实验为抽象概念、原理的动态过程形象化提供了条件,有助于课堂教学效果的提高。

总之,在传统书本及理论教学的基础上,通过仿真实验的良好交互性与实践性,帮助学生更形象地理解概念;通过开放性实验平台,引入真实的物理系统,借助实际的应用来阐述理论,以期在加深学生理论理解的同时,提高学生的创新、动手与工程实践能力。

1.4 强调案例研究和控制系统设计

每章教学的最后,安排一、两个案例作为学生的课外作业。其中,一些案例源自自动控制理论的实际工程应用。通过对实际工程案例的分析与研究,学生有机会将抽象理论与实际工程应用联系起来,从而激发专业兴趣。作为贯穿整个课程教学的研究案例——单轴倒立摆系统具有非线性、强耦合、多变量和本质不稳定的特性,其控制问题能有效地反映诸如稳定性、鲁棒性、随动性以及跟踪性等许多控制理论的关键概念,是检验各种控制理论的理想模型。通过对单轴倒立摆系统研究,学生可以进行建模、模型线性化、稳态和动态性能及稳定性分析。借助于仿真实验平台,可对单轴倒立摆系统进行时域法、频域法和PID的控制算法设计和各种控制器的性能比较。而我校自动控制专业实验室配置的单轴倒立摆控制实验系统,为学生进行各种控制器的实物验证也提供了条件。总之,这种将单轴倒立摆为背景的案例研究贯穿于每章的设置方式,其目的是把整个课程所涉及的分析方法和设计方法有机地串联起来,从整体上培养学生综合应用

知识的能力。

1.5 多种教学手段相结合的教学环境

为了有效地提高教学效果,我们充分利用学校的电化教学环境,制作电子课件,采用电视教学片、PPT、计算机辅助教学软件、Matlab 仿真工具等多种形式进行教学,发挥多媒体手段的优势。另外,借助学校的教学资源网络平台,上传每章的练习、带参考答案的自测题以及一个或多个案例研究资料,供学生课外学习和自我学习效果评价。通过网上教学平台,学生可以提交作业、在线测试、课程讨论与疑问咨询。通过网上课外答疑、辅导等方式形成教与学的互动,激发学生的学习兴趣、调动学生的学习积极性。

2 结 语

以“卓越工程师”培养计划为蓝本,按照“卓越工程师”需要的知识能力及素质要求和人才培养质量标准,我们从教学思路、教学组织、教学方法、教学手段等方面对《自动控制原理》课程教学改革进行了初步地探讨和实践。课程教学设计强调教学目标的反馈闭环控制,教学内容体现专业方向、强化工程实践,教学组织便于理论和实践教学的同时推进与相互支持,教学手段和考核方法有助于教学水平和教学效果的提高。通过这种课程教学设计,旨在夯实学生的理论基础,强化学生理论联系工程实际的意识,充分调动学生的主观能动性,提高教学效果,确保学生获得未来发展的基础知识。

参考文献:

- [1] 林 健. 面向“卓越工程师”培养的课程体系和教学内容改革[J]. 高等工程教育研究, 2011(5): 1-9.
- [2] Burke D. Strategies for using feedback students bring to higher education[J]. Assessment & Evaluation in Higher Education, 2009, 34(1): 41-50.
- [3] Christopher Benjamin. Feedback for enhanced student performance: lessons from simple control theory[J]. Engineering Education, 2012, 7(2): 16-23.

(责任校对 王小飞)