

研究生《现代运动控制系统》课程体系与教学实践

陈德传 陈雪亭

杭州电子科技大学自动化学院杭州 310018

摘 要:《现代运动控制系统》是电气自动化方向一门重要的研究生专业课,但至今还没有教材出版。为此,本文根据多年的授课实践,对该课程的内容规划问题以及研究生授课中的一些特殊问题提出建议,为该课程的教材建设提供参考意见。

关键词: 运动控制,电机控制,研究生教材

Curriculum Structure and Practices of Modern Motion Control System for Postgraduate Students

CHEN Dechuan, CHEN Xueting

School of Automation, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou, 310018.

Abstract: Modern Motion Control System is a professional postgraduate course for students majoring in Electric Automation. However, so far there is no textbook published for this course. To offer suggestion for the construction of the textbook, this paper lists some advice for problems involved in content planning of the course and teaching methods for postgraduate students.

Key Words: Motion Control, Motor Control, Textbook for postgraduates

0 引言

《现代运动控制系统》是电气自动化方向一门重要的研究生专业课,主要研究以各类电机为机电装备控制的执行部件,以机械运动中的受力(或力矩)、运行速度、位置(包括运动轨迹、姿态等)为被控量,以电机学、电力电子技术、控制技术为基础构成的新型现代电机控制系统(单轴),以及基于此的复杂机电装备的多电机协调(也称协同或同步)控制系统。培养研究生具有从事高性能电机驱动控制系统、复杂机电装备的动力控制与运动控制系统的理论研究与技术开发能力。

目前研究生《现代运动控制系统》课程面临的主要问题在于:一是教材缺乏,目前适于本科的同类教材繁多,适于研究生教学的几乎没有;二是授课难度大,除了缺乏教材,普遍存在着选研究生的本科专业方向不一,跨专业考研者也不少,缺乏本科先导课程的基础。为此,本文首先立足于研究生专业课建设的角度,提出对该课程内容组织规划的建议。进而针对研究生的不同专业基础,探讨实际中教学内容的组织问题。

1 本科《运动控制系统》课程内容回顾

本科阶段的《运动控制系统》(也称:电机控

制系统、电力拖动自动控制系统、电气传动控制系统等)的课程核心内容主要包括如下几大部分:

(一) 直流电机控制系统,其核心内容

(1) 基于晶闸管相控式/脉宽调制式(V-M/PWM-M)的直流电动机开环调压调速控制装置及其运行分析;

(2) 转速闭环直流调速控制系统与电枢电流的额约

束控制;

(3) V-M 转速-电流双闭环直流调速控制系统;

(4) PWM-M 转速-电流双闭环可逆直流调速控制系统;

(5) 直流调速系统的数字测控技术;

(6) 自控原理的实际应用方法--控制系统工程设计法。

(二) 交流电机控制系统,其核心内容

(1) 异步电动机变压调速(仅适于软特性异步电的

机、软起动/软制动器等);

(2) 基于 SPWM/CFPWM/SVPWM 逆变技术的异步电动机

变压变频调速器;

(3) 绕线转子异步电动机的转子变频调速系统;(4) 异步电动机矢量控制(VC)系统;

(5) 异步电动机直接转矩控制(DTC)系统;

(6) 同步电机调速控制系统: 矢量控制(VC)、直接转矩控制(DTC)。

(三) 伺服控制系统,其核心内容

(1) 常用伺服系统的组成原理;

(2) 位置伺服系统的控制方案;

(3) 位置伺服系统的分析与设计等。

2 研究生《现代运动控制系统》课程内容组织

本校多年来在控制科学与工程学科的研究生运动控制系统课程教学中逐渐形成的该课程核心内容主要由如下几部分组成,其中的各类电机控制系统都是采用基于科研项目驱动式的授课方法。

(一) 运动控制系统导论

利用分析典型机电装备的多电机协同控制系

统的工程应用实例,引出运动控制系统的研究内容,并基于开展科研项目进程的思路,给研究生介绍该课程知识体系的形成,以及与相关先导课程知识间的有机关系。

(二) 单轴运动控制系统及其测控方法

(1) 单轴运动系统的典型结构(开环、半闭环、闭环、混合闭环);

(2) 典型机电对象的时变/定常运动方程分析;

(3) 位置、速度、电压、电流检测技术;

(4) 常用的运动控制算法;

(5) 运动控制系统的指令形式;

(6) 运动控制系统的工程设计法等。

(三) 步进电动机控制系统

(1) 步进电机的类型与特点;

(2) 步进电机的脉冲分配与驱动电路;

(3) 步进电机的动态升/降频控制;

(4) 步进电机的细分优化控制等。

(四) 直流电动机控制系统

(1) 直流电动机的高效率驱动技术;

(2) 直流电动机的建模及其运动控制方案研究;

(3) 直流电动机调速系统的动态最优控制研究;

(4) 具有力矩/速度/位置运行方式的直流电动机控制系统;

(5) 基于速度观测器的直流电动机控制系统的研究;

(6) 系统实现技术。

(五) 交流电动机控制系统

(1) 交流力矩电机的调压调速控制;

(2) 异步电动机的变压变频协调控制原理;

(3) 异步电动机矢量控制(VC)系统;

(4) 异步电动机直接转矩控制(DTC)系统;

(5) 同步电动机矢量控制(VC)系统;

(6) 同步电动机直接转矩控制(DTC)系统;

(7) 基于速度观测器的交流电动机控制的系统;

(8) 具有力矩/速度/位置运行方式的交流电动机控制系统等。

(六) 新型电机及其控制系统

(1) 直流/交流直线电机控制系统;

(2) 直驱式电机控制系统;

- (3) 开关磁阻电机控制系统;
- (4) 磁致伸缩电机控制系统等。
- (七) 多电机协同控制系统
 - (1) 多电机线体协同控制系统
 - (2) 多电机平面协同控制系统;
 - (3) 多电机空间协同控制系统;
 - (4) 多电机网络协同控制系统。
- (八) 现代运动控制系统的仿真研究方法
- (九) 现代运动控制系统的设计规范

3 研究生《运动控制系统》课程教学问题

在研究生专业课教学中,与本科生教学的最大不同在于,因很多研究生在本科阶段的专业方向不一,跨专业考研者也不少,缺乏像本科阶段那样有较完整的专业先导课程的知识链基础,这给研究生专业课的授课造成很大的困难。为此,在研究生《现代运动控制系统》课程的教学中,宜根据选课研究生的专业知识基础,组织授课内容,以便兼顾施教。

4 结束语

本文根据作者长期从事《现代运动控制系统》等研究生专业课程的教学与科研实践过程的思考,提出了研究生《现代运动控制系统》课程的内容组织结构与教学建议,实属抛砖引玉,供同行老师们参考,更希望有志者能尽快编撰出版高质量的《现代运动控制系统》研究生教材,为提高电气自动化方向的研究生教学与培养质量做贡献。

参考文献

- [1] 王成元,夏加宽,孙宜标. 现代电机控制系统(第2版)[M],机械工业出版社,2014.
- [2] 阮毅,杨影,陈伯时. 电力拖动自动控制系统-运动控制系统(第5版)[M],机械工业出版社,2016.
- [3] [罗马尼亚] Ion Boldea, [美] IS. A. Nasar 著,尹华杰译. 现代电气传动(第2版)[M],机械工业出版社,2014.