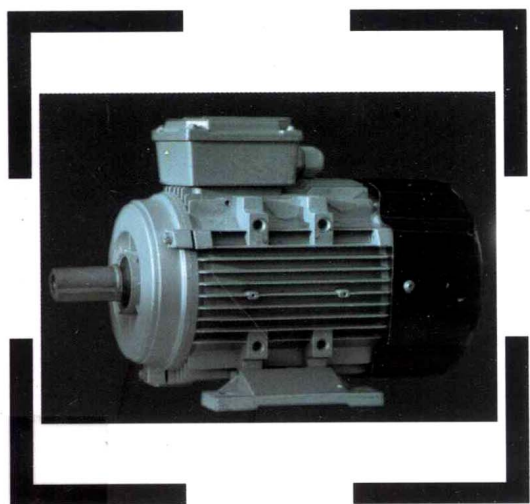


21世纪高等院校实验教学改革与创新系列教材 03

Experiment Courses of
Power Electronics and Electrical Machinery Control

电力电子与电机控制系统 综合实验教程

易灵芝 邓文浪 ©主编



湘潭大学出版社

21 世纪高等院校实验教学改革与创新系列教材

电力电子与电机控制系统 综合实验教程

主 编 易灵芝 邓文浪
副主编 李圣清 赵文才 李宏民 蔡斌军
参 编 (按姓氏拼音排序)
黄 墨 李举成 李 鹏 李卫平 刘江永
刘觉民 刘魏宏 刘 香 刘 勇 罗艳芬
倪泽平 彭寒梅 单东霞 唐 欣 王 斌
王根平 吴江濂 夏向阳 易 芳 周华安
周志刚
主 审 胡俊达

湘潭大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电力电子与电机控制系统综合实验教程 / 易灵芝, 邓文浪主编. — 湘潭: 湘潭大学出版社, 2009.9

ISBN 978-7-81128-124-8

I. 电… II. ①易…②邓… III. ①电力电子学—实验—高等学校—教材②电机—自动控制系统—实验—高等学校—教材 IV. TM1-33 TM301.2-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 132297 号

电力电子与电机控制系统 综合实验教程

易灵芝 邓文浪 主编

责任编辑: 罗 联

封面设计: 胡 瑶

出版发行: 湘潭大学出版社

社 址: 湖南省湘潭市 湘潭大学出版大楼

电话(传真): 0731-58298966 邮编: 411105

网 址: <http://xtup.xtu.edu.cn>

印 刷: 长沙理工大印刷厂

经 销: 湖南省新华书店

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 12.5

字 数: 304 千字

版 次: 2009 年 10 月第 1 版 2009 年 10 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-81128-124-8

定 价: 25.00 元

(版权所有 严禁翻印)

21 世纪高等院校实验教学改革与创新系列教材

编委会

顾 问:罗和安

主 任:陈小明

副主任:夏智伦 高协平

编委会成员(按姓氏笔画为序):

朱卫国 刘任任 刘跃进 苏旭平 张 平
张海良 郑金华 钟建新 舒 适 谭援强

总序

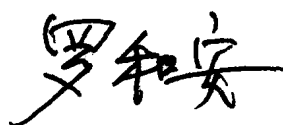
为了提高国家的持续发展能力、综合实力和国际竞争力,党中央、国务院提出构建创新型国家体系、增强自主创新能力的战略,鼓励创造,鼓励创新,特别是鼓励原始创新。创新的关键在人才,人才的成长靠教育。推动教育事业特别是高等教育事业的发展,培养和造就一大批基础扎实、具有创新精神和创新能力的高素质拔尖人才,是构建国家创新体系、建设创新型国家的基础。

正是在这样的背景下,湘潭大学出版社经过精心策划,组织实验教学一线的专家和教师编写了这套“21世纪高等院校实验教学改革与创新系列教材”。实验教学是培养学生创新能力的基本途径,是培养高素质创新人才教学体系的重要组成部分。目前,对作为连接理论与实践的纽带和激发学生发现问题、研究问题、独立解决问题能力的重要环节——实践教学的研究,还显得相对不足;对如何进一步深化实验教学改革,创新实验教学方法、途径,以更好地发挥实验教学对培养学生创新思维与创造技能的平台作用方面的研究与探讨,尚待深入;已出版的实验教材还比较零散,不成体系和规模,高质量、高水平的实验教材建设与实验教学之间还存在一定的差距。随着科技的发展,各种实验手段、实验仪器不断更新,传统实验教学中的许多范例、方法,既不能体现与学科发展相适应的前沿性,也不能体现与产业相衔接的应用性,使许多实验教材严重滞后于实验教学的现实需要和教学改革的进程。要实现创新人才培养的重要目标,必须重视实验教学;而要实现教学目标,达到好的教学效果,则必须以实验教材为基础,必须有好的实验教材作支撑。因此,湘潭大学出版社出版的这套实验教学改革与创新系列教材就非常有意义。

这套教材最大的特点是融入了许多新的实验教学理念和教学方法,引入了新的实验手段与实验方法,尤其是增加了计算机技术在实验中的应用,有利于激发学生的学习兴趣,增强学生对现代高新技术的了解,具有一定的新颖性和前瞻性。教材范围涵盖了物理、化学、计算机、机械等几大传统学科专业,并注意区分了理科和工科教学过程中各自的侧重,做到

了理工交融,也较好地实现了实践性与理论性、基础性与先进性、基本技能与学术视野、传统教学与开放教学的相互结合。好的实验教材既是实验教学成果的直接反映,也是先进的实验教学理念传播的重要载体。相信湘潭大学社出版的这套系列教材,能够为我们提供有益的借鉴,也相信广大教育理论研究和教师,在不断推进实验教学改革与创新过程中,一定能够探索出新的经验,推出新的成果,编写出更多的精品教材,进一步推广先进的实验教学理念和教学方法,提升实验教学质量与水平,为培养高素质的创新人才,建设创新型国家作出新的贡献。

是为序。

A handwritten signature in black ink, reading '罗和安' (Luo He'an). The characters are written in a cursive, flowing style.

2009年3月

前 言

本书按照《高等学校实验类规划教材》编写出版计划,根据教育部有关电力电子技术、电力拖动自动控制系统——运动控制系统、控制系统设计等课程的教学大纲,结合各高校教学实际编写而成。本书编写的指导思想是:适应教学改革的需要,加强理论联系实际,全面提高学生的实际操作技能和创新思维能力,培养学生分析问题和解决问题的能力。

编者根据湘潭大学、湖南大学、长沙理工大学、湖南工业大学、湖南工程学院、湖南文理学院、湖南理工学院、深圳职业技术学院、湖南电气职业技术学院、湘潭广播电视大学等院校20多年电力电子和电机控制教学实践、现代教学实验设施以及多家电力电子研究所进行调研的情况而编写。全书分为四部分,共6章,内容涵盖电力电子装置的基本要求和安全操作规程,电力电子技术基础实验,电力拖动自动控制系统基础实验,电力电子技术课程设计,控制系统课程设计,以及多种电力电子技术及电机控制实验装置的介绍。

本书具有以下特点:(1) 课程内容紧密配合体系改革和实验教学改革的要求;(2) 内容详细完整,能与大多数高等学校的电机实验设备配套;(3) 引进计算机仿真技术,将虚拟实验与传统的实际工程实验有机结合,培养学生先进的实验技能,提供发挥想象力、创造力的空间。

本书可以作为全日制高等院校各电类专业(电气工程及自动化、自动化,机电一体化,建筑电气与智能化等)开设电力电子技术、电力拖动自动控制系统、电力电子技术设计、控制系统设计等课程的实验指导书,也可供研究生、工程技术人员参考。

本书由湖南工程学院胡俊达教授主审,湖南大学何怡刚教授、湖南工程学院刘国荣教授、湖南科技大学欧青立教授、湘潭大学朱建林教授等参加审稿工作,提出了许多指导性修改意见,湘潭大学信息工程学院的老师也提出了不少有益的建议,湘潭大学出版社副社长朱美香老师和罗联老师给予了大力支持,浙江天煌科技实业有限公司、浙江中国亚龙科技集团等给予了大力的帮助,编者在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,编写时间又很仓促,书中难免存在疏漏及错误,殷切希望使用本教材的教师和同学批评指正。

编者

2009年6月于湘潭

目 录

第一部分 实验基础

第 1 章 实验技术基础

- 1.1 实验的特点和要求 (3)
- 1.2 实验前的准备 (3)
- 1.3 实验实施 (4)
- 1.4 实验总结 (4)
- 1.5 实验安全操作规程 (5)

第二部分 课程实验

第 2 章 电力电子技术实验

- 实验 1 锯齿波同步移相触发电路实验 (9)
- 实验 2 单相桥式全控整流电路实验 (13)
- 实验 3 三相半波可控整流电路实验 (16)
- 实验 4 三相桥式半控整流电路实验 (19)
- 实验 5 三相桥式全控整流及有源逆变电路实验 (22)
- 实验 6 单相交流调压电路实验(1) (27)
- 实验 7 单相交流调压电路实验(2) (31)
- 实验 8 单相交流调功电路实验 (34)
- 实验 9 三相交流调压电路实验 (38)
- 实验 10 直流斩波电路原理实验 (41)

第 3 章 电力拖动自动控制系统实验

- 实验 1 晶闸管直流调速系统参数和环节特性的测定 (44)
- 实验 2 晶闸管直流调速系统主要单元的调试 (51)
- 实验 3 转速负反馈单闭环不可逆直流调速系统实验 (55)
- 实验 4 双闭环晶闸管不可逆直流调速系统实验 (62)
- 实验 5 双闭环可逆直流脉宽调速系统研究 (69)
- 实验 6 直流电动机双闭环调速系统仿真研究 (74)
- 实验 7 双闭环三相异步电机调压调速系统研究 (78)
- 实验 8 逻辑无环流可逆直流调速系统研究 (84)
- 实验 9 双闭环三相异步电动机串级调速系统研究 (92)

实验 10	三相异步电动机正弦波脉宽调制变频调速系统研究	(97)
实验 11	三相空间电压矢量变频调速系统研究	(100)
实验 12	直流三闭环调速系统性能研究	(103)
实验 13	直流全数字调速系统性能研究	(106)
实验 14	交流调速系统性能研究	(108)
实验 15	1305 交流变频器实验	(110)
附	1305U/F 恒定的交流变频器说明	(112)

第三部分 课程设计

第 4 章 电力电子技术课程设计

设计 1	单相桥式全控整流电路设计	(119)
设计 2	三相桥式全控整流电路设计	(121)
设计 3	单相桥式 PWM 逆变电路设计	(123)
设计 4	三相桥式 PWM 逆变电路设计	(125)
设计 5	降压斩波电路(Buck Chopper)设计	(127)
设计 6	升压斩波电路(Boost Chopper)设计	(129)
设计 7	单相调压电路设计	(131)
设计 8	双 PWM 变换器设计	(133)

第 5 章 控制系统课程设计

设计 1	转速、电流双闭环直流调速系统设计	(135)
设计 2	带转速微分负反馈的双闭环直流调速系统设计	(138)
设计 3	带电压内环的三环直流调速系统设计	(141)
设计 4	带电流变化率内环的三环直流调速系统设计	(144)
设计 5	三相异步电动机闭环调速系统设计	(147)
设计 6	Buck 变换器实现及调速系统设计	(150)
设计 7	交流电动机 SPWM 调速系统设计	(153)
设计 8	三相异步电动机 SVPWM 变频调速系统设计	(155)
设计 9	倒立摆控制系统仿真设计	(157)
设计 10	串级温度控制系统仿真设计	(161)
设计 11	三冲量给水控制系统仿真设计	(163)

第四部分 实验装置介绍

第 6 章 多种电力电子技术及电机控制实验装置介绍

6.1	DJDK-1 型电力电子技术及电机控制实验装置	(167)
6.2	KYDQ-01 电力电子及电机控制实验装置	(178)
6.3	ED-50 系列电力电子实验装置	(179)
6.4	HY 系列电力电子及电机控制实验装置	(180)
6.5	MCL-Ⅲ型电力电子及电气传动实验装置	(181)

6.6	FSPM-04 逆变器实验装置	(182)
6.7	DSP DC-DC 电力电子实验装置 DMD2000L	(182)
6.8	FPGA 电力电子实验室	(183)
6.9	YL-209 电力电子技术与自动控制系统实验实训装置	(184)
附录	课程设计报告要求	(186)
参考文献	(189)

第一部分

实验基础

第1章 实验技术基础

半导体变流技术、电力电子技术是电气工程及其自动化、自动化等相关电类专业重要的基础课程,而控制系统设计、电力电子技术课程设计是重要的课程设计。课程涉及面广,内容包括电力、电子、控制、计算机技术等,而实践教学环节是这些课程的重要组成部分。通过实验和课程设计,可以加深对理论的理解,培养和提高学生独立动手的能力以及分析和解决问题的能力。

1.1 实验的特点和要求

电力电子技术与电机控制实验的内容较多、较新,实验系统也比较复杂,系统性较强。电力电子技术与电机控制理论教学是实验教学的基础,而实验是理论教学的重要补充和继续。学生在实验中应学会运用所学的理论知识去分析和解决实际系统中出现的各种问题,提高动手能力;同时通过实验来验证理论,促使理论和实践相结合,使认识不断提高、深化。具体地说,学生在完成指定的实验后,应具备以下能力:

- (1) 掌握电力电子变流装置主电路、触发和驱动电路的构成及调试方法,能初步设计和应用这些电路。
- (2) 掌握交、直流电机控制系统的组成和调试方法,系统参数的测量和整定方法。
- (3) 能设计交、直流电机控制系统的具体实验电路,列出实验步骤。
- (4) 熟悉并掌握基本实验设备、测试仪器的性能及使用方法。
- (5) 能够运用理论知识对实验现象、结果进行分析和处理,解决实验中遇到的问题。
- (6) 能够综合实验数据,解释实验现象,撰写实验报告。

1.2 实验前的准备

实验准备即实验的预习阶段,是保证实验顺利进行的必要步骤。每次实验前都应先进行预习,从而提高实验质量和效率,否则就有可能在实验时不知如何下手,不仅浪费时间,而且不能达到实验要求,甚至有可能损坏实验装置。为此,实验前应做到:

- (1) 复习教材中与实验有关的内容,熟悉与本次实验相关的理论知识。
- (2) 阅读实验教程,了解本次实验的目的、内容和步骤,掌握本次实验系统的工作原理和方法,明确实验过程中应注意的问题。
- (3) 写出预习报告,其中应包括实验系统的详细接线图、实验步骤、数据记录表格等。
- (4) 进行实验分组,一般情况下,电力电子技术实验每组1~2人,交、直流调速系统实

验每组 2~3 人。

1.3 实验实施

在完成理论学习、实验预习等环节后,就可进入实验实施阶段。实验时要做到以下几点:

(1) 实验开始前,指导教师要检查学生的预习报告,要求学生了解本次实验的目的、内容和方法,只有满足此要求后,方能允许实验。

(2) 指导教师对实验装置作介绍,要求学生熟悉本次实验使用的实验设备、仪器,明确这些设备的功能与使用方法。

(3) 按实验小组进行实验,实验小组成员应进行明确的分工,以保证实验操作协调,记录数据准确可靠。各人的任务应在实验进行中实行轮换,以便实验参与者能全面掌握实验技术,提高动手能力。

(4) 按预习报告上的实验系统详细线路图进行接线,一般情况下,接线顺序为先主电路,后控制电路;先串联,后并联。在进行调速系统实验时,也可由 2 人同时进行主电路和控制电路的接线。

(5) 完成实验系统接线后,必须进行自查。串联回路从电源的某一端出发,按回路逐项检查各仪表、设备、负载的位置、极性等是否正确;并联支路则检查其两端的连接点是否在指定的位置。距离较远的两连接端必须选用长导线直接跨接,不得用 2 根导线在实验装置上的某接线端进行过渡连接。

(6) 实验时,应按实验教程所提出的要求及步骤,逐项进行实验和操作。除做阶跃启动实验外,系统启动前,应使负载电阻值最大,给定电位器处于零位。测试记录点的分布应均匀。改接线路时,必须断开主电源方可进行。实验中应观察实验现象是否正常,所得数据是否合理,实验结果是否与理论相一致。

(7) 完成本次实验全部内容后,应请指导教师检查实验数据、记录的波形等。经指导教师认可后方可拆除接线,整理好连接线、仪器、工具,使物归原位。

1.4 实验总结

实验的最后阶段是实验总结,即对实验数据进行整理、绘制波形和图表、分析实验现象、撰写实验报告。每位实验参与者都要独立完成一份实验报告,实验报告的撰写应持严肃认真、实事求是的科学态度。如果实验结果与理论有较大出入,不得随意修改实验数据和结果,不得用凑数据的办法来向理论靠拢,而要用理论知识来分析实验数据和结果,解释实验现象,找出引起较大误差的原因。

实验报告的一般格式如下:

- (1) 实验名称、专业、班级、实验学生姓名、同组者姓名和实验时间。
- (2) 实验目的、实验电路、实验内容。
- (3) 实验设备、仪器、仪表的型号、规格、铭牌数据及实验装置编号。
- (4) 实验数据的整理、列表、计算,并列出计算所用的计算公式。
- (5) 画出与实验数据相对应的特性曲线及记录的波形。
- (6) 用理论知识对实验结果进行分析总结,得出明确的结论。

(7) 对实验中出现的某些现象、遇到的问题进行分析、讨论,写出心得体会,并对实验提出自己的建议和改进措施。

(8) 实验报告应写在一定规格的报告纸上,保持整洁。

(9) 每次实验每人独立完成一份报告,按时送交指导教师批阅。

1.5 实验安全操作规程

为了顺利完成电力电子技术及电机控制实验,确保实验时人身安全与设备可靠运行,要严格遵守如下安全操作规程:

(1) 在实验过程中,绝对不允许实验人员双手同时接触隔离变压器的两个输出端,以防触电。

(2) 为了提高学生的安全用电常识,任何接线和拆线都必须在切断主电源后方可进行。

(3) 为了提高实验的效率,学生独立完成接线或改接线路后,应再次仔细核对线路,并使组内其他同学引起注意后方可接通电源。

(4) 如果在实验过程中发生过流告警,应仔细检查线路以及电位器的调节参数,确定无误后方能重新进行实验。

(5) 在实验中应注意所接仪表的最大量程,选择合适的负载完成实验,以免损坏仪表、电源或负载。

(6) 电源控制屏以及各挂件所用保险丝规格和型号是经反复实验选定的,不得私自改变其规格和型号,否则可能会引起不可预料的后果。

(7) 在完成电流、转速闭环实验前一定要确保反馈极性正确,应构成负反馈,避免出现正反馈,造成过流。

(8) 除做阶跃启动实验外,系统启动前负载电阻必须放在最大阻值处,给定电位器必须退回至零位后,才允许合闸启动并慢慢增加输入给定电压,以免元件和设备过载损坏。

(9) 在直流电机启动时,要先开励磁电源,后加电枢电压。完成实验后,要先关电枢电压,再关励磁电源。

(10) 实验电源的接入与切除步骤:实验时在不带电的前提下,接好所有实验电路后,再将实验电源接入实验电路。完成实验后在断电的前提下,先拆除实验电源,再拆实验电路接线。

第二部分

课程实验