



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

国家精品课程教材

教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会推荐教材
电子信息学科基础课程系列教材

自动控制原理 习题解答

卢京潮 主编

赵 忠 刘慧英 袁冬莉 贾秋玲 编著

清华大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

国家精品课程教材



教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会推荐教材
电子信息学科基础课程系列教材

自动控制原理 习题解答

卢京潮 主编

赵 忠 刘慧英 袁冬莉 贾秋玲 编著

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

这本《自动控制原理习题解答》与卢京潮主编,清华大学出版社出版的《自动控制原理》教材配套使用,供任课教师在备课和批改作用时使用,也为读者提供参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

自动控制原理习题解答/卢京潮主编.--北京:清华大学出版社,2013.2

电子信息学科基础课程系列教材

ISBN 978-7-302-31042-6

I. ①自… II. ①卢… III. ①自动控制理论—高等学校—习题集 IV. ①TP13-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 305014 号

责任编辑:文 怡

封面设计:常雪影

责任校对:李建庄

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:13

字 数:320 千字

版 次:2013 年 2 月第 1 版

印 次:2013 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:25.00 元

《电子信息学科基础课程系列教材》 编 审 委 员 会

主任委员

王志功(东南大学)

委员 (按姓氏笔画)

马旭东(东南大学)	邓建国(西安交通大学)
王小海(浙江大学)	王诗宓(清华大学)
王 萍(天津大学)	王福昌(华中科技大学)
刘宗行(重庆大学)	刘润华(中国石油大学)
刘新元(北京大学)	张 石(东北大学)
张晓林(北京航空航天大学)	沈连丰(东南大学)
陈后金(北京交通大学)	郑宝玉(南京邮电大学)
郭宝龙(西安电子科技大学)	柯亨玉(武汉大学)
高上凯(清华大学)	高小榕(清华大学)
徐淑华(青岛大学)	袁建生(清华大学)
崔 翔(华北电力大学)	傅丰林(西安电子科技大学)
董在望(清华大学)	曾孝平(重庆大学)
蒋宗礼(北京工业大学)	

《电子信息学科基础课程系列教材》

丛书序

电子信息学科是当今世界上发展最快的学科,作为众多应用技术的理论基础,对人类文明的发展起着重要的作用。它包含诸如电子科学与技术、电子信息工程、通信工程和微波工程等一系列子学科,同时涉及计算机、自动化和生物电子等众多相关学科。对于这样一个庞大的体系,想要在学校将所有知识教给学生已不可能。以专业教育为主要目的的大学教育,必须对自己的学科知识体系进行必要的梳理。本系列丛书就是试图搭建一个电子信息学科的基础知识体系平台。

目前,中国电子信息类学科高等教育的教学中存在着如下问题:

- (1) 在课程设置和教学实践中,学科分立,课程分立,缺乏集成和贯通;
- (2) 部分知识缺乏前沿性,局部知识过细、过难,缺乏整体性和纲领性;
- (3) 教学与实践环节脱节,知识型教学多于研究型教学,所培养的电子信息学科人才不能很好地满足社会的需求。

在新世纪之初,积极总结我国电子信息类学科高等教育的经验,分析发展趋势,研究教学与实践模式,从而制定出一个完整的电子信息学科基础教程体系,是非常有意义的。

根据教育部高教司 2003 年 8 月 28 日发出的[2003]141 号文件,教育部高等学校电子信息与电气信息类基础课程教学指导分委员会(基础课分教指委)在 2004—2005 两年期间制定了“电路分析”、“信号与系统”、“电磁场”、“电子技术”和“电工学”5 个方向电子信息科学与电气信息类基础课程的教学基本要求。然而,这些教学要求基本上是按方向独立开展工作的,没有深入开展整个课程体系的研究,并且提出的是各课程最基本的教学要求,针对的是“2+X+Y”或者“211 工程”和“985 工程”之外的大学。

同一时期,清华大学出版社成立了“电子信息学科基础教程研究组”,历时 3 年,组织了各类教学研讨会,以各种方式和渠道对国内外一些大学的 EE(电子电气)专业的课程体系进行收集和研究,并在国内率先推出了关于电子信息学科基础课程的体系研究报告《电子信息学科基础教程 2004》。该成果得到教育部高等学校电子信息与电气学科教学指导委员会的高度评价,认为该成果“适应我国电子信息学科基础教学的需要,有较好的指导意义,达到了国内领先水平”,“对不同类型院校构建相关学科基础教学平台均有较好的参考价值”。

在此基础上,由我担任主编,筹建了“电子信息学科基础课程系列教材”编委会。编委会多次组织部分高校的教学名师、主讲教师和教育部高等学校教学指导委员会委员,进一步探讨和完善《电子信息学科基础教程 2004》研究成果,并组织编写了这套“电子信息学科基础课程系列教材”。

在教材的编写过程中,我们强调了“基础性、系统性、集成性、可行性”的编写原则,突出了以下特点:

(1) 体现科学技术领域已经确立的新知识和新成果。

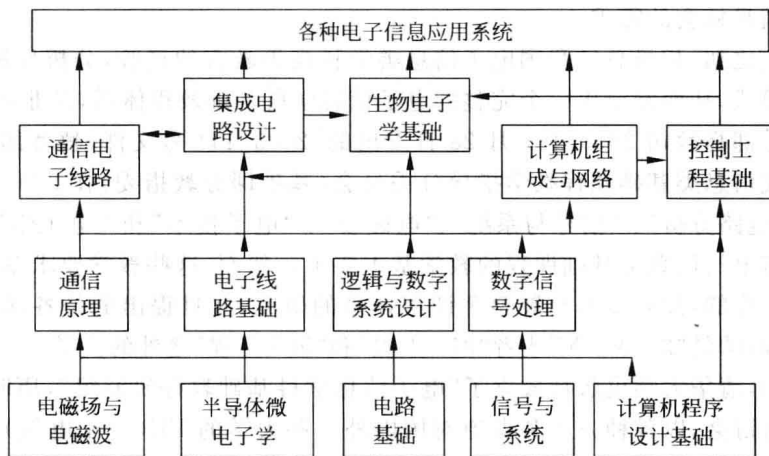
(2) 学习国外先进教学经验,汇集国内最先进的教学成果。

(3) 定位于国内重点院校,着重于理工结合。

(4) 建立在对教学计划和课程体系的研究基础之上,尽可能覆盖电子信息学科的全部基础。本丛书规划的 14 门课程,覆盖了电气信息类如下全部 7 个本科专业:

- 电子信息工程
- 通信工程
- 电子科学与技术
- 计算机科学与技术
- 自动化
- 电气工程与自动化
- 生物医学工程

(5) 课程体系整体设计,各课程知识点合理划分,前后衔接,避免各课程内容之间交叉重复,目标是使各门课程的知识点形成有机的整体,使学生能够在规定的课时数内,掌握必需的知识和技术。各课程之间的知识点关联如下图所示:



即力争将本科生的课程限定在有限的与精选的一套核心概念上,强调知识的广度。

(6) 以主教材为核心,配套出版习题解答、实验指导书、多媒体课件,提供全面的教学解决方案,实现多角度、多层面的人才培养模式。

(7) 由国内重点大学的精品课主讲教师、教学名师和教指委委员担任相关课程的设计和教材的编写,力争反映国内最先进的教改成果。

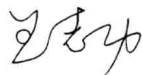
我国高等学校电子信息类专业的办学背景各不相同,教学和科研水平相差较大。本系列教材广泛听取了各方面的意见,汲取了国内优秀的教学成果,希望能为电子信息学科教学提供一份精心配备的搭配科学、营养全面的“套餐”,能为国内高等学校教学内容

和课程体系的改革发挥积极的作用。

然而,对于高等院校如何培养出既具有扎实的基本功,又富有挑战精神和创造意识的栋梁,以满足科学技术发展和国家建设发展的需要,还有许多值得思考和探索的问题。比如,如何为学生营造一个宽松的学习氛围?如何引导学生主动学习,超越自己?如何为学生打下宽厚的知识基础和培养某一领域的研究能力?如何增加工程方法训练,将扎实的基础和宽广的领域才能转化为工程实践中的创造力?如何激发学生深入探索的勇气?这些都需要我们教育工作者进行更深入的研究。

提高教学质量,深化教学改革,始终是高等学校的工作重点,需要所有关心我国高等教育事业人士的热心支持。在此,谨向所有参与本系列教材建设工作的同仁致以衷心的感谢!

本套教材可能会存在一些不当甚至谬误之处,欢迎广大的使用者提出批评和意见,以促进教材的进一步完善。



2008年1月

前言

这本《自动控制原理习题解答》与卢京潮主编,清华大学出版社出版的《自动控制原理》教材配套使用,供任课教师在备课和批改作业时使用,也为读者提供参考。

此次出版的《自动控制原理》教材是在原西北工业大学出版社出版的国家“十一五”规划教材的基础上经修订完成的。新教材保留了原教材的体系结构,在具体内容上做了一定的改动,习题也做了相应调整。

为了方便教学,在习题解答之后编入了课程学习进程表,供任课教师和读者参考。

各位读者若发现教材或习题解答中有错误和不妥之处,请及时记录,并转告编者,在此表示谢意。

联系人:卢京潮

电 话:029-88431302 (办公室)

13572239458 (手机)

Email: lujc0129@nwpu. edu. cn

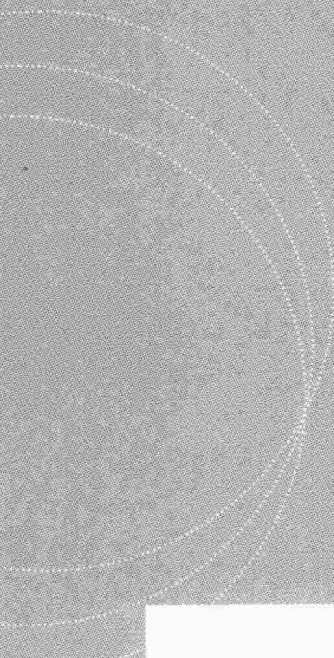
编 者

2012 年 12 月

第一部分 习题解答

第 1 章习题及解答	3
第 2 章习题及解答	12
第 3 章习题及解答	29
第 4 章习题及解答	55
第 5 章习题及解答	76
第 6 章习题及解答	126
第 7 章习题及解答	147
第 8 章习题及解答	171

第二部分 课程学习进程表



第一部分 习题解答

第1章 习题及解答



1-1 根据图 1-15^注 所示的电动机速度控制系统工作原理图,完成:

- (1) 将 a, b 与 c, d 用线连接成负反馈状态;
- (2) 画出系统方框图。

解 (1) 负反馈连接方式为 $a \leftrightarrow d, b \leftrightarrow c$;

(2) 系统方框图如图解 1-1 所示。

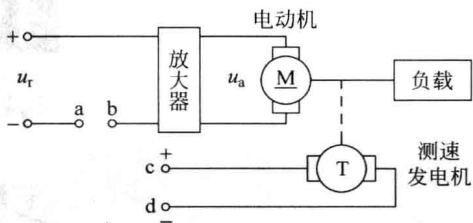
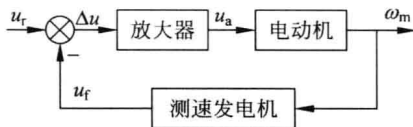


图 1-15 速度控制系统原理图



图解 1-1 速度控制系统方框图

1-2 图 1-16 是仓库大门自动控制系统原理示意图。试说明系统自动控制大门开、闭的工作原理,并画出系统方框图。

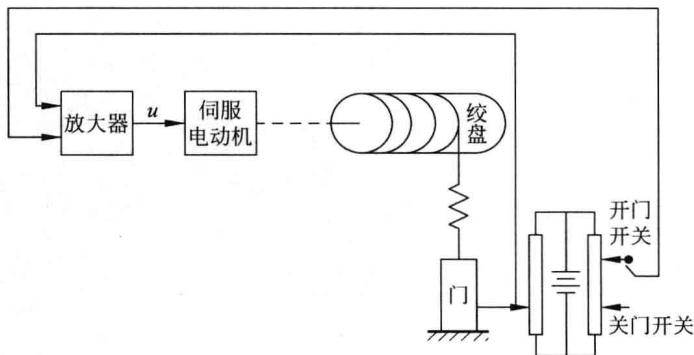
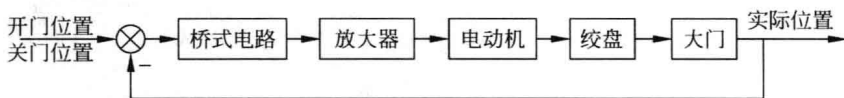


图 1-16 仓库大门自动开闭控制系统

解 当合上开门开关时,电桥会测量出开门位置与大门实际位置间对应的偏差电压,偏差电压经放大器放大后,驱动伺服电动机带动绞盘转动,将大门向上提起。与此同时,和大门连在一起的电刷也向上移动,直到桥式测量电路达到平衡,电动机停止转动,大门达到开启位置。反之,当合上关门开关时,电动机带动绞盘使大门关闭,从而可以实现大门远距离开闭自动控制。系统方框图如图解 1-2 所示。



图解 1-2

注 本书与《自动控制原理》(卢京潮主编,清华大学出版社出版)配套使用,图号对应该书的习题图号。

1-3 图 1-17 为工业炉温自动控制系统的工作原理图。分析系统的工作原理,指出被控对象、被控量和给定量,画出系统方框图。

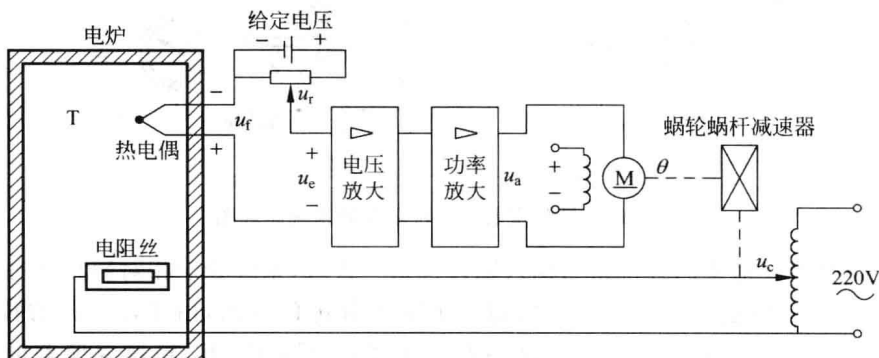
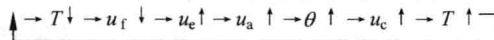


图 1-17 炉温自动控制系统原理图

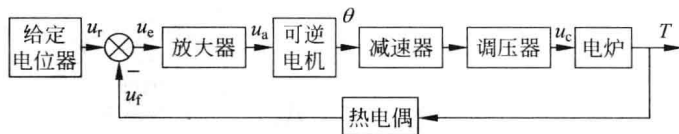
解 加热炉采用电加热方式运行,加热器所产生的热量与调压器电压 u_c 的平方成正比, u_c 增高,炉温就上升, u_c 的高低由调压器滑动触点的位置所控制,该触点由可逆直流电动机驱动。炉子的实际温度用热电偶测量,输出电压 u_f 。 u_f 作为系统的反馈电压与给定电压 u_r 进行比较,得出偏差电压 u_e ,经电压放大器、功率放大器放大成 u_a 后,作为控制电动机的电枢电压。

在正常情况下,炉温等于某个期望值 T ,热电偶的输出电压 u_f 正好等于给定电压 u_r 。此时, $u_e = u_r - u_f = 0$,故 $u_a = 0$,可逆电动机不转动,输出转角 $\theta = 0$,调压器的滑动触点停留在某个合适的位置上,使 u_c 保持一定的数值。这时,炉子散失的热量正好等于从加热器吸取的热量,形成稳定的热平衡状态,温度保持恒定。

当炉膛温度 T 由于某种原因突然下降(例如炉门打开造成的热量流失),则出现以下的控制过程,控制的结果是使炉膛温度回升,直至 T 的实际值等于期望值为止。



系统中,加热炉是被控对象,炉温是被控量,给定量是由给定电位器设定的电压 u_r (表征炉温的希望值)。系统方框图见图解 1-3。



图解 1-3

1-4 图 1-18 是控制导弹发射架方位的电位器式随动系统原理图。图中电位器 P_1 、 P_2 并联后跨接到同一电源 E_0 的两端,其滑臂分别与输入轴和输出轴相连接,组成方位角的给定元件和测量反馈元件。输入轴由手轮操纵;输出轴则由直流电动机经减速后带动,电动机采用电枢控制的方式工作。

试分析系统的工作原理,指出系统的被控对象、被控量和给定量,画出系统的方框图。

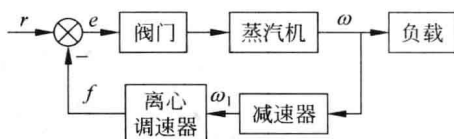
转速 ω 下降,则飞锤因离心力减小而使套筒向下滑动,并通过杠杆增大供汽阀门的开度,从而使蒸汽机的转速回升。同理,如果由于负载减小使蒸汽机的转速 ω 增加,则飞锤因离心力增加而使套筒上滑,并通过杠杆减小供汽阀门的开度,迫使蒸汽机转速回落。这样,离心调速器就能自动地抵制负载变化对转速的影响,使蒸汽机的转速 ω 保持在某个期望值附近。

指出系统中的被控对象、被控量和给定量,画出系统的方框图。

解 在本系统中,蒸汽机是被控对象,蒸汽机的转速 ω 是被控量,给定量是设定的蒸汽机希望转速。离心调速器感受转速大小并转换成套筒的位移量,经杠杆传调节供汽阀门,控制蒸汽机的转速,从而构成闭环控制系统。

系统方框图如图解 1-5 所示。

1-6 摄像机角位置自动跟踪系统如图 1-20 所示。当光点显示器对准某个方向时,摄像机会自动跟踪并对准这个方向。试分析系统的工作原理,指出被控对象、被控量及给定量,画出系统方框图。



图解 1-5

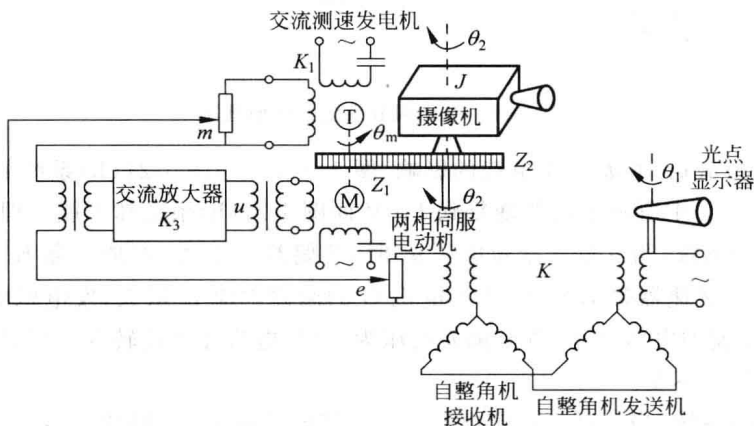
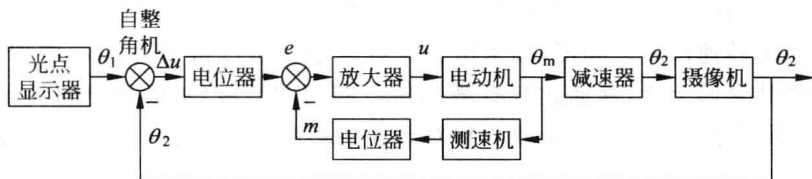


图 1-20 摄像机角位置随动系统原理图

解 控制系统的任务是使摄像机自动跟踪光点显示器指示的方向。

当摄像机方向角与光点显示器指示的方向一致时, $\theta_2 = \theta_1$, 自整角机输出 $e = 0$, 交流放大器输出电压 $u = 0$, 电动机静止, 摄像机保持原来的协调方向。当光点显示器转过一个角度, $\theta_2 \neq \theta_1$ 时, 自整角机输出与失谐角 $\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2$ 成比例的电压信号(其大小、极性反映了失谐角的幅值和方向), 经电位器后变成 e , 经放大器放大后驱动伺服电动机旋转, 并通过减速器带动摄像机跟踪光点显示器的指向, 使偏差减小, 直到摄像机与光点显示器指向重新达到一致时为止。测速发电机测量电动机转速, 进行速度反馈, 用以改善系统性能。

系统中, 摄像机是被控对象, 摄像机的方向角 θ_2 是被控量, 给定量是光点显示器指示的方向角 θ_1 。系统方框图如图解 1-6 所示。



图解 1-6

1-7 图 1-21(a)、图 1-21(b)所示的系统均为电压调节系统。假设空载时两系统发电机端电压均为 110V,试问带上负载后,图 1-21(a)、图 1-21(b)中哪个能保持 110V 不变,哪个电压会低于 110V? 为什么?

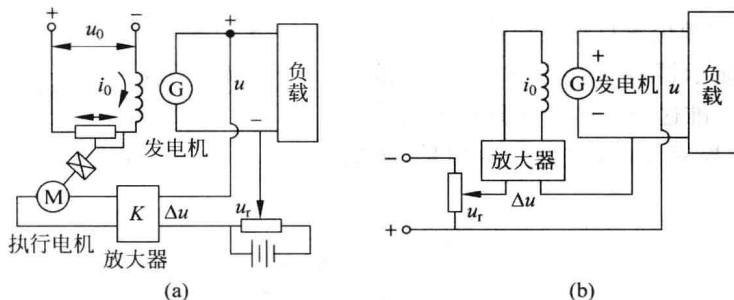


图 1-21 电压调节系统工作原理图

解 带上负载后,开始由于负载的影响,图 1-21(a)与图 1-21(b)系统的端电压都要下降,但图 1-21(a)中所示系统能恢复到 110V 而图 1-21(b)系统却不能。理由如下:

图 1-21(a)系统,当 u 低于给定电压 u_r 时,其偏差电压 Δu 经放大器 K 放大后,驱动电机 M 转动,经减速器带动电刷,使发电机 G 的激磁电流 i_0 增大,发电机的输出电压 u 会升高,从而使偏差电压减小,直至偏差电压为零时,电机才停止转动。因此,图 1-21(a)系统能保持 110V 不变。

图 1-21(b)系统,当 u 低于给定电压 u_r 时,其偏差电压 Δu 经放大器 K 后,直接使发电机激磁电流增 i_0 大,提高发电机的端电压 u ,使发电机 G 的端电压 u 回升,偏差电压减小,但不可能等于零,因为当偏差电压 $\Delta u=0$ 时, $i_0=0$,发电机就不能工作。即图 1-21(b)所示系统的稳态电压会低于 110V。

1-8 图 1-22 为水温控制系统示意图。冷水在热交换器中由通入的蒸汽加热,从而得到一定温度的热水。冷水流量变化用流量计测量。试绘制系统方框图,并说明为了保持热水温度为期望值,系统是如何工作的? 系统的被控对象和控制装置各是什么?

解 工作原理: 温度传感器不断测量交换器出口处的实际水温,并在温度控制器中与给定温度相比较,若低于给定温度,其偏差值使蒸汽阀门开大,进入热交换器的蒸汽量加大,热水温度升高,直至偏差为零。如果由于某种原因,冷水流量加大,则流量值由流量计测得,通过温度控制器,开大阀门,使蒸汽量增加,提前进行控制,实现按冷水流量进行顺馈补偿,保证热交换器出口的水温不发生大的波动。