

21 世纪高等学校辅导教材

·自学复习 考研·

自动控制原理

试题精选题解

王 向 邓 肖
敏 农 燕 妮 纯
主 参
编 编

ZIDONGKONGZHI YUANLI
SHITI JINGXUAN TIJIE

华中科技大学出版社

E-mail: hustpp@wuhan.cngb.com

21 世纪高等学校辅导教材

自动控制原理 试题精选题解

王 敏 主编

向农 邓燕妮 肖纯 参编

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

自动控制原理试题精选题解/王敏 主编
武汉:华中科技大学出版社, 2002年1月
ISBN 7-5609-2563-4

I. 自…
II. 王…
III. 自动控制原理-题解
IV. TP13

自动控制原理试题精选题解

王敏 主编

责任编辑:周芬娜
责任校对:陈元玉

封面设计:刘 卉
责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87545012

经 销:新华书店湖北发行所

录 排:华中科技大学惠友科技文印中心

印 刷:华中科技大学出版社沔阳印刷厂

开本:850×1168 1/32 印张:10.25 插页:1

字数:245 000

版次:2002年1月第1版 印次:2002年1月第1次印刷

印数:1—5 000

ISBN 7-5609-2563-4/TP·445

定价:14.50元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书是高等院校自动控制原理学习、考研辅导用书。它是依据教育部对高等院校自动控制原理课程教学大纲的要求，由华中科技大学、武汉大学、武汉理工大学等三所高等院校中有丰富教学经验的教师编写而成。本书归纳了自动控制原理的基本概念和方法，包括经典控制理论和现代控制理论的主要内容。全书共分十章，前九章每章均由知识要点、例题解析、自测题和自测题解答四个部分组成。知识要点是各章节主要内容的提炼和概括，便于学习时抓住重点和难点；例题和自测题主要是从历届考研试题、经典教材习题、本科生课程结业考试试题中精心提炼、筛选出来的，题目具有典型性、代表性。例题解析给出了详细的解题过程，可作为解题范例。自测题解答给出了解题思路和主要的解题步骤，便于读者在学习和自测时参考。第十章精选了部分高校研究生入学考试试题和本科生课程结业考试试题，并给出了详细的解题过程，其难易程度与近年高校相关专业研究生入学考试试题水平相当。本书的特点是：内容精练、重点突出，例题经典、难易适中。

本书可作为报考研究生的考生的复习参考资料，也可作为大学本科生在学习自动控制原理课程时的学习指导书。

44-88/11

前 言

随着自动化技术在各个领域的广泛应用,自动控制原理已成为理工院校相关专业的学生必修的一门主干课程,也是从事自动化技术的工程技术人员必须掌握的重要理论基础。

为了帮助广大学生在学习该课程时更好地理解 and 掌握自动控制的原理和概念,提高定性分析、定量计算和综合应用的能力;同时,也为学习过自动控制原理课程,准备报考研究生的学生在复习时提供一个较全面的参考材料,我们精心编写了本书。

本书作者从事自动控制原理课程教学多年,教学经验丰富,选择和编写的试题包括经典控制理论和现代控制理论的主要内容,在深度、广度和难度上与该课程教学大纲的要求一致。

本书具有如下特点:

1. 知识要点归纳了各章的主要内容和基本概念,使各章重点突出、知识点间的相互联系一目了然,是学习和复习时的主线。

2. 例题和自测题主要是从历届考研试题、经典教材习题、本科生课程结业考试题中精心提炼、筛选出来的,试题具有典型性和代表性。内容编排由浅入深,既注重基本概念的掌握与考核,又强调综合能力的训练与测试,使读者能通过解题过程加深对知识点的理解,提高解题的能力和技巧。

3. 例题解析给出了详细的解题过程,可作为解题时的范例。与一般习题集不同的是,自测题不仅给出了答案,还给出了解题思路和主要的解题步骤,便于读者在学习时参考。

参加本书编写的有华中科技大学、武汉大学、武汉理工大学等三所院校。全书共分十章,由华中科技大学王敏教授主编。参加编写的教师及分工为:第一、八章由武汉理工大学肖纯编写,第二、三章由武汉大学向农编写,第四、五、九章由华中科技大

学王敏编写，第六、七章由武汉理工大学邓燕妮编写，第十章由各参编教师提供素材，王敏整理。全书由王敏统稿、定稿。

华中科技大学黄心汉教授在本书的编写过程中给予了指导和帮助，并提出了许多宝贵意见和建议，华中科技大学孙德宝教授对本书的编写和出版给予了极大的关心和支持，本书的编写还得到了武汉大学谈顺涛教授、刘开培教授、武汉理工大学娄桂泉教授的热情支持和帮助，在此，深表谢意。华中科技大学、武汉大学、武汉理工大学等院校的有关领导和教师、研究生也对本书的编写给予了不少支持与帮助，编者一并表示感谢。

本书的出版得到了华中科技大学出版社的大力支持，在此表示衷心感谢。

限于编者水平和编写时间仓促，书中难免有疏漏、不当之处，恳请同行和读者赐教、批评指正。

编 者

2001年9月

目 录

第一章 自动控制系统的一般概念.....	(1)
知识要点.....	(1)
例题解析.....	(5)
自测题.....	(8)
自测题解答.....	(10)
第二章 控制系统的数学模型.....	(12)
知识要点.....	(12)
例题解析.....	(15)
自测题.....	(28)
自测题解答.....	(32)
第三章 线性系统的时域分析.....	(36)
知识要点.....	(36)
例题解析.....	(46)
自测题.....	(62)
自测题解答.....	(66)
第四章 线性系统的根轨迹.....	(74)
知识要点.....	(74)
例题解析.....	(78)
自测题.....	(91)
自测题解答.....	(93)

第五章 频域分析法.....	(102)
知识要点.....	(102)
例题解析.....	(105)
自测题.....	(118)
自测题解答.....	(122)
第六章 控制系统的校正方法.....	(129)
知识要点.....	(129)
例题解析.....	(133)
自测题.....	(151)
自测题解答.....	(154)
第七章 线性离散系统的分析与综合.....	(159)
知识要点.....	(159)
例题解析.....	(164)
自测题.....	(174)
自测题解答.....	(178)
第八章 线性系统的状态空间分析.....	(184)
知识要点.....	(184)
例题解析.....	(200)
自测题.....	(229)
自测题解答.....	(233)
第九章 非线性系统分析.....	(240)
知识要点.....	(240)
例题解析.....	(248)
自测题.....	(266)
自测题解答.....	(271)

第十章 模拟试题.....	(284)
模拟试题(1).....	(284)
模拟试题(1)解答.....	(286)
模拟试题(2).....	(290)
模拟试题(2)解答.....	(292)
模拟试题(3).....	(296)
模拟试题(3)解答.....	(298)
模拟试题(4).....	(301)
模拟试题(4)解答.....	(303)
模拟试题(5).....	(307)
模拟试题(5)解答.....	(309)
模拟试题(6).....	(311)
模拟试题(6)解答.....	(313)
主要参考文献.....	(317)

第一章 自动控制系统的一般概念

知 识 要 点

1. 自动控制的基本术语

① 自动控制 是指在没有人直接参与的情况下，利用外加的设备或装置，使机器、设备或生产过程的某个工作状态或参数自动地按照预定的规律运行的控制机制。

② 自动控制系统 是由自动控制装置（也称控制器）和被控对象组成，能自动地对被控对象的工作状态或其被控量进行控制，并具有预定性能的动力学系统。

③ 自动控制理论 是研究自动控制共同规律的技术科学。

④ 反馈控制的原理 系统的输出量经测量和变换后反馈到输入端，与给定输入信号相比较得到偏差信号，偏差信号经控制器产生控制作用使输出量按要求变化，这就是反馈控制原理。我们把取出的输出量送回到输入端，并与输入信号相比较而产生偏差的过程，称为反馈。若反馈的信号是与输入信号相减，使产生的偏差信号越来越小，这种反馈则称为负反馈；反之，则称为正反馈。

2. 基本控制方式

自动控制系统有以下三种控制方式。

(1) 开环控制

指控制器与控制对象之间只有顺向作用而没有反向联系的控制过程。开环控制典型方框图如图 1-1 所示。

(2) 闭环控制

又称反馈控制，指控制器与控制对象之间既有顺向作用又有

反向联系的控制过程。其主要特点:

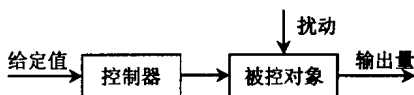


图 1-1

① 闭环负反馈控制按偏差调节;

② 抗扰性好, 控制精度高。

但闭环控制的系统参数要适当选择, 否则可能不能正常工作。

闭环控制典型方框图如图 1-2 所示。

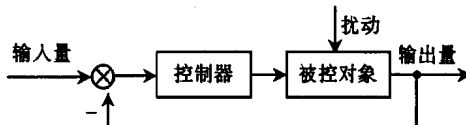


图 1-2

(3) 复合控制

是开环控制和闭环控制相结合的一种控制方式。它在闭环控制回路的基础上, 附上一个输入信号或扰动信号(扰动信号是破坏系统输入量和输出量之间预定规律的信号)的顺馈通路, 用来提高系统的控制精度。复合控制的主要特点:

① 具有很高的控制精度;

② 可以抑制几乎所有的可量测扰动, 其中包括低频强扰动。

但复合控制要求补偿器的参数要有较高的稳定性。

复合控制典型方框图如图 1-3 所示。

3. 自动控制系统的组成

典型的自动控制系统的基本组成可用图 1-4 方框图表示。

① 被控对象 要求实现自动控制的机器、设备或生产过程。

② 控制器 对被控对象起控制作用的设备总体。

③ 输出量 表现于被控对象或系统输出端, 是要求实现自

动控制的物理量。

④ 输入量 作用于被控对象或系统输入端，是可使系统具有预定功能或预定输出的物理量。

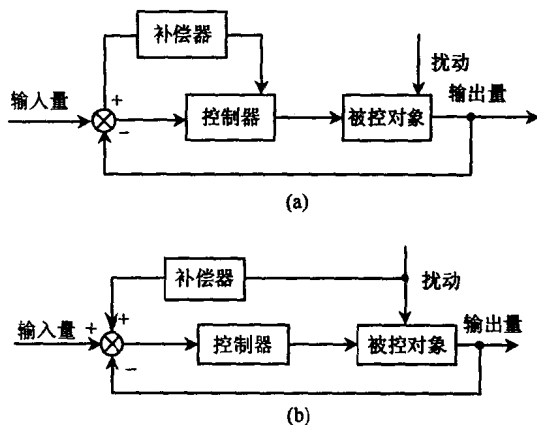


图 1-3

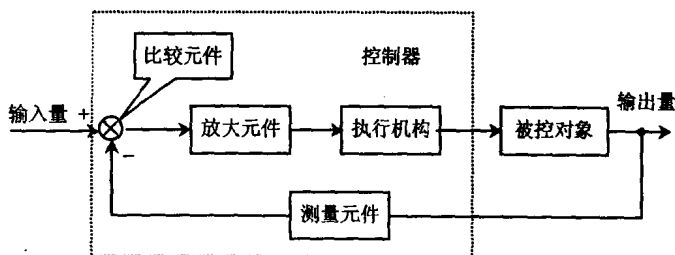


图 1-4

⑤ 测量元件 其作用是检测被控制的物理量，如果这个物理量是非电量，则一般要转换为电量。

⑥ 比较元件 其作用是把测量元件检测的被控量实际值与系统输入量进行比较，求出它们之间的偏差。

⑦ 放大元件 其作用是将比较元件给出的偏差信号进行放

大，用来推动执行机构去控制被控对象。

③ 执行机构 其作用是直接推动被控对象，使其被控量发生变化。

4. 自动控制系统的分类

控制系统有多种分类方法，主要分为以下三种。

(1) 线性连续控制系统

这类系统可以用线性微分方程描述。若微分方程系数为常数，则称为线性定常连续系统；若微分方程系数随时间的变化而变化，则称为线性时变系统。线性定常连续系统按其输入量的变化规律又可分为

① 恒值控制系统 系统输入量是一个常值，要求系统的输出量保持为恒定的希望值。

② 随动系统 系统的输入量随时间任意变化，要求系统的输出量在满足精度的条件下跟随输入量变化。

③ 程序控制系统 系统的输入量是按预定规律随时间变化的函数，要求被控量迅速、准确地复现。

(2) 线性定常离散系统

控制作用和时间之间的关系是不连续的系统。

(3) 非线性控制系统

存在一个或一个以上元部件输入-输出特性是非线性的系统。

5. 对控制系统的基本要求

对控制系统的基本要求可以归结为稳定性、快速性和准确性。

① 稳定性是对控制系统的基本要求。

② 快速性是对控制系统的动态要求，即超调量要小，调节时间要小。

③ 准确性是对控制系统的稳态要求，即稳态误差要小。

例题解析

【例 1】 图 1-5 所示的为发电机电压调节系统，试分析系统的工作原理，画出方框图并指出系统的结构特点。

解 发电机在电枢转速和激磁电压恒定不变时，负载变化将引起输出电压和电枢回路电流的改变。当负载增大时，将引起电枢电压下降和电枢电流增大，因此，电枢回路的电流在电阻 R 上的电压增大， u_b 也增大，由于 u_b 与 u_i 的极性一致，因而发电机的激磁电压上升，使输出电压增大。这种由扰动产生附加控制作用的系统是扰动控制系统（本系统是将负载变化作为扰动输入的。图 1-5 所示的电压调节方式只能克服负载变化对发电机输出电压的影响）。系统方框图如图 1-6 所示。

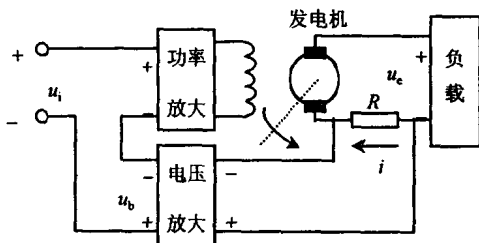


图 1-5

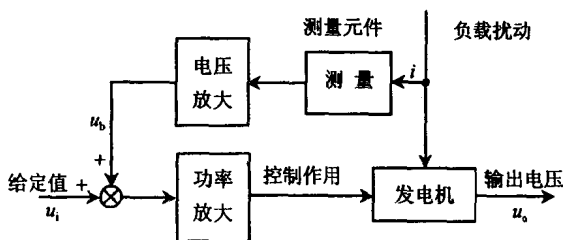


图 1-6

【例 2】 远距离操作的机器人手臂系统工作原理如图 1-7 所示，试简述其工作原理并画出系统方框图。

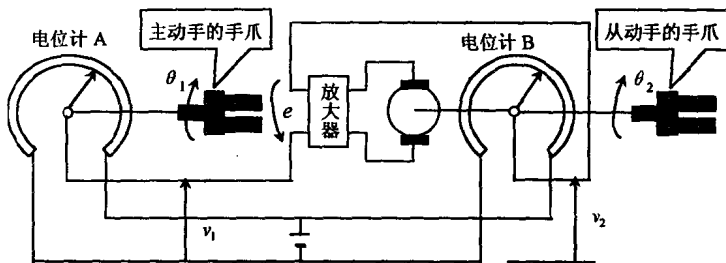


图 1-7

解 系统的任务是控制从动手的手爪角度 θ_2 跟踪主动手手爪的角度 θ_1 ，从动手的角位移是被控量，主动手的角位移是给定量。电位计 A 的作用是将主动手手爪的角度 θ_1 变成电压 v_1 ，电位计 B 的作用是将从动手手爪的角度 θ_2 变成电压 v_2 。

当从动手手爪角位移 θ_2 与主动手手爪的角位移 θ_1 相等时， $v_1 = v_2$ ，环形电位计 A、B 组成的桥式电路处于平衡状态，输出电压 $e = 0$ ，电机不动，系统相对静止。

当主动手手爪角位移 θ_1 变化，从动手手爪的角度 θ_2 不等于 θ_1 时，差电压 $e (= v_1 - v_2)$ 被输入到放大器，使直流伺服电机向减少角度 θ_1 和 θ_2 之差的方向回转。当 $\theta_1 = \theta_2$ 时， $v_1 = v_2$ ， $e = 0$ 。因此，从动手手爪的旋转角度几乎与主动手手爪的角度一致。

系统中主动手手爪是给定元件，电位计 A、B 组成的电桥电路同时完成测量、比较功能，电机和从动手手爪组成执行机构。系统方框图如图 1-8 所示。

【例 3】 图 1-9 所示的为直流电动机双闭环调速系统的原理图。试画出该系统的方框图，并分析哪些装置起测量、比较、执行和校正等作用。

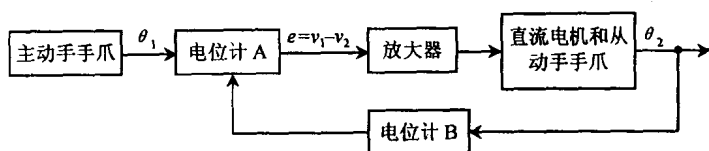


图 1-8

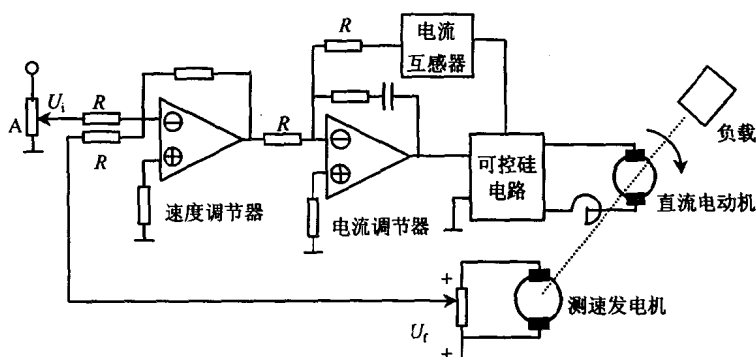


图 1-9

解 该系统除具有速度反馈(通常称为主反馈)外,还具有电流反馈(通常称为局部反馈)。可控硅电路的电流输出经电流互感器局部反馈,可控硅电路的电压输出加在直流电动机的电枢上使电动机旋转,电动机输出转速经测速发电机形成主反馈。

电位器 A 起给定作用;电流互感器是电流反馈的检测元件,积分器起校正作用,电流调节器在电流反馈中起比较、放大作用;测速发电机是速度反馈的测量元件,它将电动机的转速转换为电压信号反馈到输入端,速度调节器起比较、放大作用。可控硅电路和直流电动机是执行机构。其方框图如图 1-10 所示。

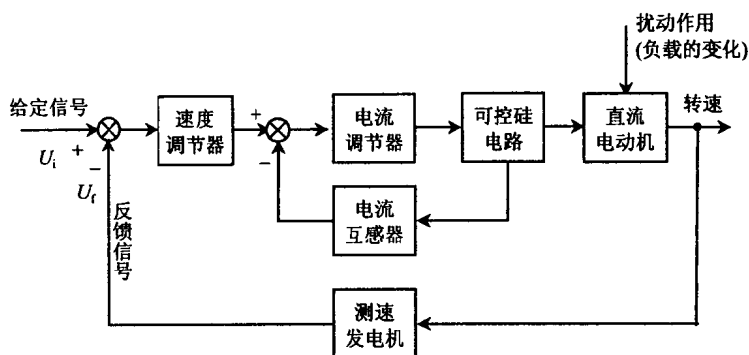


图 1-10

自 测 题

1. 图 1-11 所示的是一晶体管稳压电源。试画出其方框图并说明在该电源里哪些起着测量、放大、执行的作用，以及系统里的干扰量和给定量是什么？

2. 两水位控制系统如图 1-12(a)、(b)所示，要求：

(1) 画出其方框图(包括给定输入量和扰动输入量)；

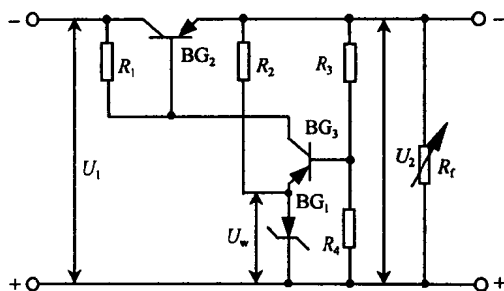


图 1-11