

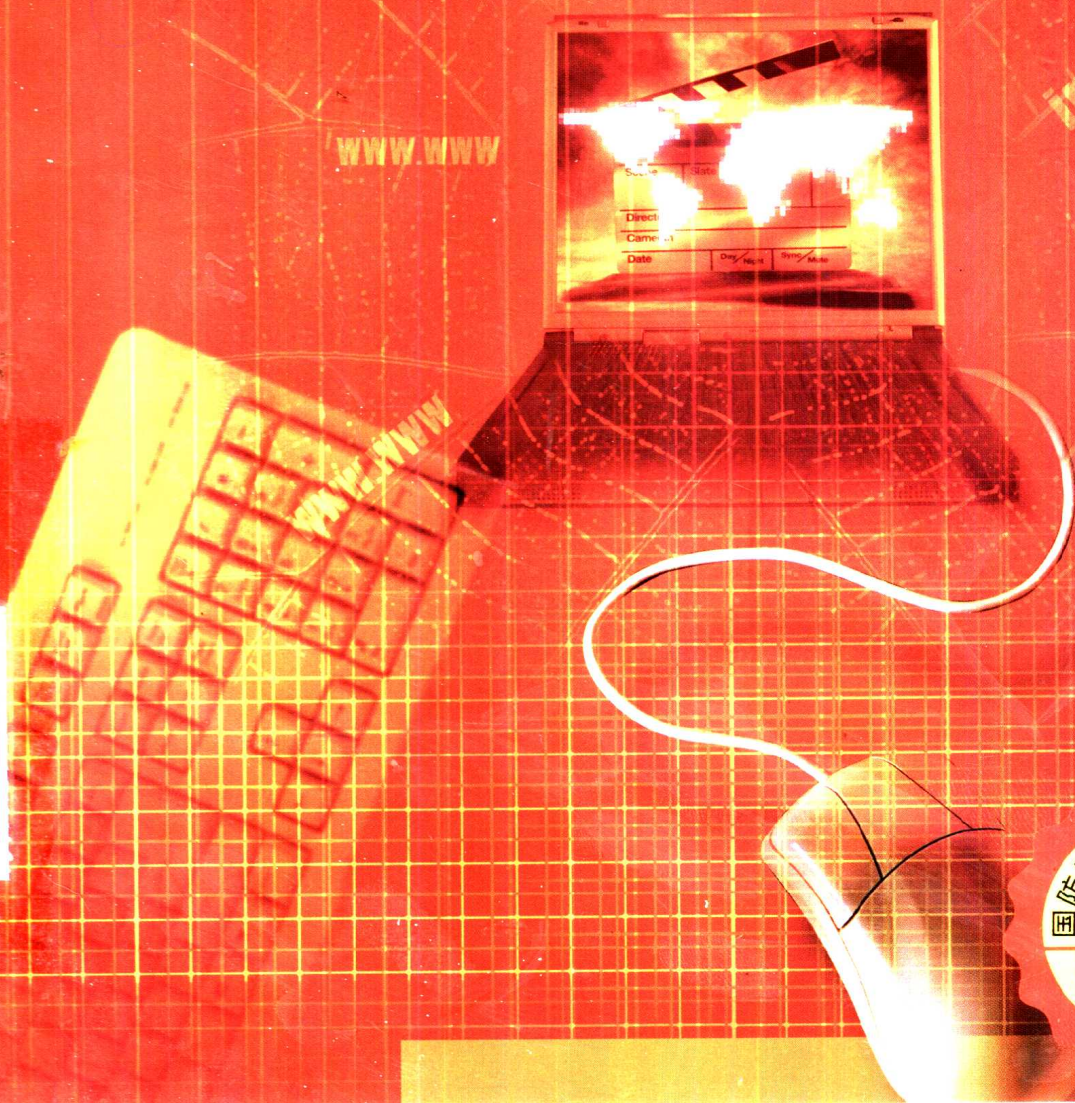
新世纪

理工科研究生入学考试指导丛书

典型题解析与实战模拟

自动控制原理

◇刘明俊 于明祁 等编著◇



国防科技大学出版社
2002

新世纪
理工科研究生入学考试指导丛书

自动控制原理

典型题解析与实战模拟

刘明俊 于明祁 舒兆根 编著
彭学锋 李 雯 郭鸿武

国防科技大学出版社
·长沙·

内 容 简 介

本书根据教育部关于高等工业学校自动控制原理课程的基本要求及硕士生入学考试的基本要求编写。全书分为两部分。第一部分为解析篇,按自动控制原理课程内容分为九个单元,每单元给出了内容提要,从各重点院校近几年的考研试题中归纳出典型题型,并精选一些典型题作为例题进行了分析和解答。每单元给出了若干精选的考题并附有答案。第二部分为实战篇,给出了二套模拟试卷、国防科技大学近三年的试卷和精选了八套国内重点院校的考研试卷。

本书可以作为报考硕士研究生的考生在考前的复习用书,也可以作为大学本科生学习本课程辅导教材。

图书在版编目(CIP)数据

自动控制原理典型题解析与实战模拟/刘明俊等编著. —长沙:国防科技大学出版社, 2002.6

(新世纪理工科研究生入学考试指导丛书)

ISBN 7-81024-844-8

I. 自… II. ①刘…②于… III. 自动控制原理-研究生-入学考试-自学参考资料
IV. TP13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 026864 号

国防科技大学出版社出版发行

电话:(0731)4572640 邮政编码:410073

E-mail: gfkdebs@public.cs.hn.cn

责任编辑:潘生 责任校对:罗青

新华书店总店北京发行所经销

国防科技大学印刷厂印装

*

开本:787×1092 1/16 印张:18.5 字数:427千

2002年6月第1版第1次印刷 印数:1—4000册

*

定价:28.00元

新世纪理工科研究生入学考试指导丛书

编审委员会

主任委员:

陈火旺 (国防科技大学计算机学院教授,中国工程院院士)

副主任委员:

麦中凡 (北京航空航天大学计算机科学与工程系教授)

候文永 (上海交通大学电子信息学院教授)

彭文生 (华中科技大学机械工程学院教授,全国机械设计教学研究会理事长)

委员:

屈婉玲 (北京大学计算机系教授)

王广芳 (国防科技大学计算机学院教授)

陈松乔 (中南大学信息工程学院教授)

宁洪 (国防科技大学计算机学院教授,全国高校计算机专业教学指导委员会委员)

邹逢兴 (国防科技大学机电工程与自动化学院教授)

任钧国 (国防科技大学航天与材料工程学院教授)

刘明俊 (国防科技大学机电工程与自动化学院教授)

策划:

潘生 张静 石少平

1994/102

序

新世纪来临,挑战和机遇共存。作为当代大学生和有志青年,当务之急是积累知识,培养能力,以备将来为祖国为人民服务,实现自身的理想和价值。因而,近年来高校“考研热”不断升温,引人关注。

为满足广大学生考研复习之需,更为了适应培养高素质高水平人才的形势,不少出版社出版了辅导学生深入学习课程的参考书,但多是关于数学、外语、政治等公共基础课的,针对各门专业课的指导书较少,精品更少。鉴于此,国防科技大学出版社经多方调研,全面规划,精心组织,作者编写了这套旨在帮助学生认真学习各门专业课、提高考研应试能力的指导丛书。该套丛书具有以下几大特色:

(一)作者经验丰富,权威性强

本丛书的作者都是经悉心遴选,从事教学、科研、著书多年,某些是在全国有相当影响、所著的教材(或专著)在相应专业使用较广的资深专家教授。他们都是高校硕士或博士指导教师。他们在编写这套丛书时废寝忘食,躬行写作,将自己多年积累的经验、体会凝聚在字里行间,奉献给广大的读者,相信他们的辛勤劳动成果必然会对大家学习有关课程有极大帮助,这正是我们丛书编审委员会最感欣慰的。

(二)题目收集广泛,针对性强

这套丛书紧扣国家教育部制定的课程教学大纲和研究生入学考试要求,合理安排各书内容,条理清晰,详略分明,深入浅出,释疑去惑,并广泛搜集近年全国 20 余所重点高

校或研究所考研试卷,加以分析、归纳、提高,使读者既能把握各门专业课程的全貌,又能抓住主脉络,领会其中的主要原理、方法,真正提高能力。

(三)突出实战模拟,操作性强

这套丛书中每本书分解析篇和实战篇。其中解析篇按章分提要、例题、习题、习题解答,分别讲清理论、分析各种解题技巧、提供练习和检验机会,使学生全面掌握课程的概念、原理、方法和技巧,学深、学透。实战篇,提供几份模拟题及其参考答案、多份重点高校近年考研试卷,供学生在课程考试或考研的前夕实景备战,以巩固复习成果,丰富考场经验,增强自信心。这样的结构安排极利于学生使用好本丛书。

国防科技大学出版社、丛书编审委员会和编写者共同努力,辛勤劳动,所有的书稿均经多次审定、修改,使这套丛书达到了较高的质量水平,相信本丛书必能为在书海中遨游的学子指点迷津,助他们踏上成功之路。

本丛书除了适合高校学生学习使用外,对广大的自学者、相关专业工程技术人员亦会有所裨益。

丛书编审委员会邀我为该书作序,谨寄数言,既是对这套丛书的郑重推荐,也是对该套丛书编写者的敬意。

陳大旺

2001年5月

前 言

随着工业生产和科学技术的发展,自动控制技术已经广泛地应用于工农业生产、交通运输和国防、宇航等领域,自动控制原理已经作为工科院校的技术基础课,是工科院校自动控制专业或自动化专业学生必修的专业技术基础课之一。本书正是为了满足报考研究生的读者进行考研复习的需要,作为国防科技大学出版社组织的“新世纪理工科研究生入学考试指导丛书”之一而编写的。

本书紧扣国家教育部关于自动控制原理课程的教学大纲要求,在总结多年的教学和考研经验的基础上编写而成。本书收集了近年来全国部分重点大学研究生入学考试试题,加以归类、整理,作为典型例题和习题加以采用。本书具有系统性、实用性、针对性强的特点。

本书分解析篇和实战篇两大部分。解析篇包括九个单元:自动控制的一般概念、控制系统的数学模型、时域分析法、根轨迹法、线性控制系统的补偿与综合、非线性系统分析、采样系统理论、线性系统状态空间分析基础。实战篇包括:二份模拟试卷及参考答案,国防科技大学近三年考研试卷及参考答案以及精选了八份国内若干重点大学的考研试卷。

本书可以供报考研究生的读者作为系统复习的参考

书,也可以为大学生深入学习本课程的辅助教材。

参加本书编写工作的有:刘明俊、于明祁、舒兆根、彭学锋、李雯和郭鸿武。张拥军博士为本书的编写给予了帮助,在此表示谢意。对为本书提供所选试题及资料的各高校的研究生招生办、老师和作者在此一并表示感谢。

由于作者水平和经验有限,书中难免有不妥之处,欢迎广大读者批评指示。

作者

2002年6月

目 录

解 析 篇

第一单元 自动控制的一般概念

- 1.1 内容提要····· (1)
- 1.2 典型题型及例题精解····· (2)
- 1.3 习题精选····· (4)

第二单元 控制系统的数学模型

- 2.1 内容提要····· (6)
 - 2.1.1 线性微分方程的建立及求解····· (6)
 - 2.1.2 传递函数····· (6)
 - 2.1.3 控制系统的结构图及其等效变换····· (7)
 - 2.1.4 用梅逊公式求系统的传递函数····· (8)
 - 2.1.5 闭环控制系统的传递函数····· (8)
- 2.2 典型题型及例题精解····· (9)
- 2.3 习题精选····· (18)

第三单元 时域分析法

- 3.1 内容提要····· (21)
 - 3.1.1 线性系统的稳定性分析····· (21)
 - 3.1.2 线性系统的稳态性能分析····· (21)
 - 3.1.3 线性系统的动态性能分析····· (23)
- 3.2 典型题型及例题精解····· (24)

第四单元 根轨迹法

| | |
|-----------------------|------|
| 4.1 内容提要 | (42) |
| 4.1.1 基本概念 | (42) |
| 4.1.2 根轨迹的三种类型 | (42) |
| 4.1.3 广义根轨迹 | (44) |
| 4.1.4 利用根轨迹法分析控制系统的性能 | (44) |
| 4.2 典型题型及例题精解 | (45) |
| 4.3 习题精选 | (54) |

第五单元 频率响应法

| | |
|--------------------|------|
| 5.1 内容提要 | (56) |
| 5.1.1 频率特性的定义 | (56) |
| 5.1.2 典型环节的频率特性 | (57) |
| 5.1.3 系统开环频率特性的绘制 | (60) |
| 5.1.4 基于频率特性的稳定判据 | (61) |
| 5.1.5 稳定裕变 | (61) |
| 5.1.6 频率特性与时间域性能指标 | (63) |
| 5.2 典型题型及例题精解 | (64) |
| 5.3 习题精选 | (83) |

第六单元 线性控制系统的补偿与综合

| | |
|----------------------|-------|
| 6.1 内容提要 | (95) |
| 6.1.1 频率响应法串联补偿 | (95) |
| 6.1.2 反馈补偿 | (99) |
| 6.1.3 基于根轨迹法的系统校正与补偿 | (100) |
| 6.1.4 复合控制系统 | (101) |
| 6.2 典型题型及例题精解 | (102) |
| 6.3 习题精选 | (121) |

第七单元 非线性系统分析

| | |
|----------------|-------|
| 7.1 内容提要 | (128) |
| 7.1.1 非线性系统的特点 | (128) |
| 7.1.2 描述函数法 | (128) |
| 7.1.3 相平面分析 | (132) |

| | |
|--------------------|-------|
| 7.2 典型题型及例题精解····· | (132) |
| 7.3 习题精选····· | (146) |

第八单元 采样系统理论

| | |
|-------------------------|-------|
| 8.1 内容提要····· | (150) |
| 8.1.1 信号的采样与复现····· | (150) |
| 8.1.2 Z 变换····· | (151) |
| 8.1.3 脉冲传递函数····· | (152) |
| 8.1.4 采样系统的稳定性分析····· | (152) |
| 8.1.5 采样时刻的稳态误差分析····· | (153) |
| 8.1.6 W 变换和伯德图····· | (153) |
| 8.1.7 采样控制系统的校正与设计····· | (153) |
| 8.2 典型题型及例题精解····· | (155) |
| 8.3 习题精选····· | (171) |

第九单元 线性系统状态空间分析基础

| | |
|-------------------------|-------|
| 9.1 内容提要····· | (178) |
| 9.1.1 状态空间分析法····· | (178) |
| 9.1.2 状态空间综合法····· | (183) |
| 9.1.3 线性状态空间分析学习重点····· | (185) |
| 9.2 典型题型及例题精解····· | (186) |
| 8.3 习题精选····· | (221) |

实 战 篇

第十单元 模拟试卷及参考答案

| | |
|-------------------|-------|
| 10.1 模拟试卷(一)····· | (226) |
| 10.2 模拟试卷(二)····· | (227) |
| 10.3 参考答案····· | (229) |

第十一单元 国防科技大学近三年考研试卷及参考答案

| | |
|-------------------|-------|
| 11.1 2000年试卷····· | (231) |
| 11.2 2001年试卷····· | (233) |
| 11.3 2002年试卷····· | (235) |
| 11.4 参考答案····· | (237) |

第十二单元 其他重点大学近年考研试卷精选

- 12.1 南京航空航天大学 2000 年硕士研究生入学考试
试题 (242)
- 12.2 上海交通大学 2000 年硕士研究生入学考试试题
..... (245)
- 12.3 西安交通大学 2000 年硕士研究生入学考试试题
..... (247)
- 12.4 哈尔滨工业大学 2000 年硕士研究生入学考试试
题 (249)
- 12.5 北方交通大学 2001 年硕士研究生入学考试试题
..... (252)
- 12.6 北京邮电大学 2000 年硕士研究生入学考试试题
..... (253)
- 12.7 北京理工大学 2001 年硕士研究生入学考试试题
..... (255)
- 12.8 北京航空航天大学 2001 年硕士研究生入学考
试题 (257)
- 附:解析篇各单元习题精选参考答案..... (260)

第一单元

自动控制的一般概念

1.1 内容提要

自动控制是指在没有人直接参与下,利用控制装置,使被控对象的被控量自动地按照预定规律变化。自动地实现上述控制功能的系统称为自动控制系统。

自动控制系统就其工作原理,可分为开环控制、闭环控制和复合控制三种控制方式,其中开环控制一般包括按给定值控制和按干扰补偿两种形式;闭环控制又称为负反馈控制,所谓负反馈控制是指把系统的输出量直接或通过测量元件引向输入端,与系统的输入信号进行比较,利用所得的偏差信号进行控制,逐步减小以至消除这一偏差;复合控制是开环控制和闭环控制相结合的一种控制方式,它是构成高精度控制系统的一种有效控制方式,可以使自动控制系统具有更好的控制性能。

自动控制系统由被控对象和控制器两部分组成。对于闭环控制系统,控制器一般应包括给定装置、比较装置、放大装置、测量装置、串联校正装置、反馈校正装置和执行机构。一个典型的闭环控制系统的方框图如图 1.1 所示。

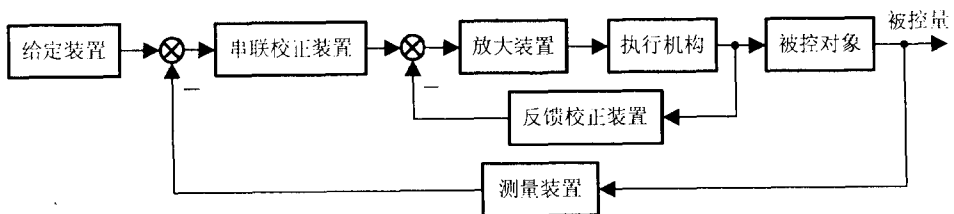


图1.1 典型的闭环控制系统方框图

对自动控制系统的共同要求一般可归结为:(1)稳定性;(2)良好的过渡过程性能;(3)

稳态误差。

自动控制系统的功能和组成多种多样,因而控制系统有多种分类方法。按其工作原理可分为开环控制、闭环控制和复合控制;按其数学模型可分为线性系统和非线性系统,定常系统和时变系统;按系统内部的信号特征可分为连续系统和离散系统;按系统输入信号变化规律可分为伺服控制系统、恒值控制系统和程序控制系统等。

1.2 典型题型及例题精解

例 1.1 图 1.2 所示为自动记录仪小功率随动系统的原理图。待记录电压 u_g 为系统输入量,记录笔位移 L 为系统输出量。电位器 R_1 、 R_2 组成的桥式电路的输出 u_f 反映记录笔的位移。试分析系统的工作原理并画出原理方框图。

解:

由图 1.2 知,桥式电路为测量元件, $u_e = u_g - u_f$ 为偏差信号。偏差信号经放大后驱动伺服电动机并经减速齿轮带动记录笔和电位器 R_2 的滑块移动。当 $u_g > u_f$ 时,偏差信号 u_e 为正,记录笔正向移动(如向左移动),同时 R_2 滑块移动结果使 u_f 增大,两者的偏差 u_e 减小;当 $u_g < u_f$ 时, u_e 为负,记录笔及 R_2 滑块均反向移动(如向右移动), u_f 减小,同样使两者偏差 u_e 的数值减小;当 $u_g = u_f$ 时, $u_e = 0$,记录笔及 R_2 滑块均停止移动。总之,该系统通过负反馈控制使记录笔的位移跟随输入信号变化而变化。系统的方框图如图 1.3 所示。

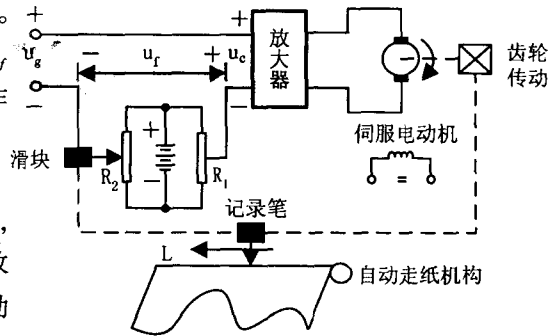


图 1.2 例 1.1 自动记录仪随动系统原理图

图 1.2 例 1.1 自动记录仪随动系统原理图

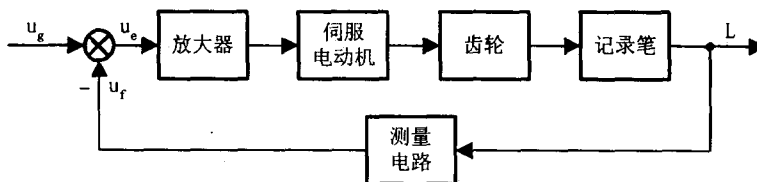


图 1.3 例 1.1 自动记录仪方框图

例 1.2 某工业过程温度控制系统如图 1.4 所示,电位器上设定的电压 u_i 是系统的输入量,箱体内液体的实际温度 θ 为输出量,插入箱体内的热电偶的输出 u_o 与 θ 成正比。试分析该系统的工作原理并画出方框图。

解:

系统中,电压 u_i 为设定输入,它与设定温度 θ_0 成正比。热电偶的输出 u_o 经过放大后得到电压 u_b ,与液体的实际温度 θ 成正比,调节放大系数,保证两者具有相同的比例。

$u_e = u_r - u_b$ 为误差信号,反映设定温度与实际温度的偏差情况。误差 u_e 放大后作为线圈的输入电压 u_{e1} 。在 u_{e1} 的作用下,线圈中产生一个与电流 i_s 成正比的作用力 F_0 ,该力作用在线圈铁芯上,控制蒸汽阀门的位置 x ,而阀门位置控制进入箱体内加热蛇形管的蒸汽流量 q ,而蒸汽流量 q 与箱体中液体的温度 θ 成正比。总之,系统中通过误差信号 u_e 控制蒸汽流量 q ,从而控制液体温度 θ 。系统方框图如图 1.5 所示。

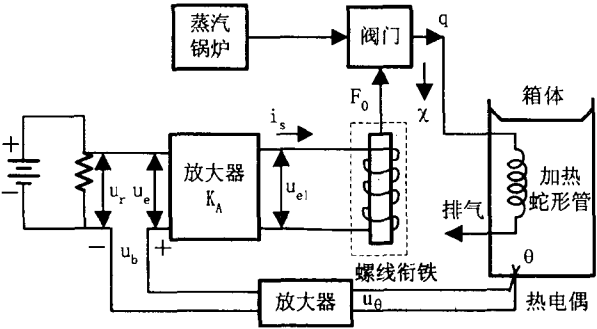


图 1.4 例 1.2 工业过程温度控制系统

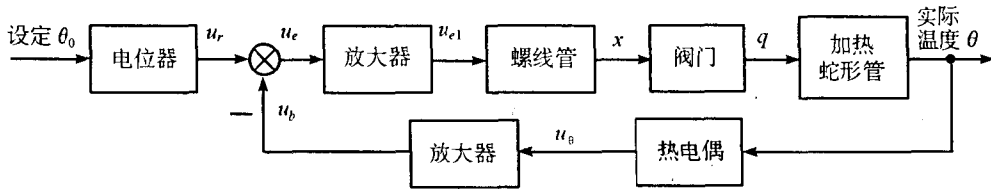


图 1.5 例 1.2 温度控制系统方框图

例 1.3: 图 1.6 为发电机电压调节系统,该系统通过测量电枢回路电流 i 产生附加的激磁电压 u_b 来调节输出电压 u_c 。试分析在电枢转速 ω 和激磁电压 u_g 恒定不变而负载变化的情况下系统的工作原理并画出原理方框图。

解:

发电机在电枢转速 ω 和激磁电压 u_g 不变时,负载变化将引起输出电压 u_c 和电枢电流 i 的改变。当负载增大时,输出电压 u_c 下降、电枢电流 i 增大,相应地,通过测量电枢电流 i 得到的附加激磁电压 u_b 也增大。由图 1.6 知, u_b 和 u_g 极性一致,因此发电机的激磁电压上升,从而使输出电压加大,克服因负载增大引起的输出电压下降。系统原理方框图如图 1.7 所示。

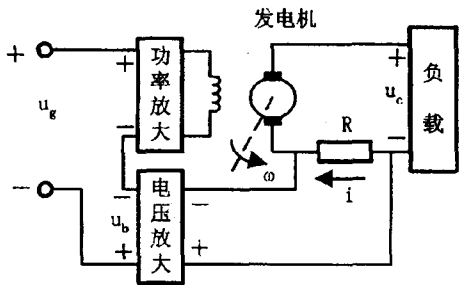


图 1.6 例 1.3 发电机电压调节系统

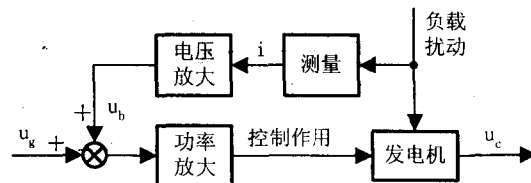
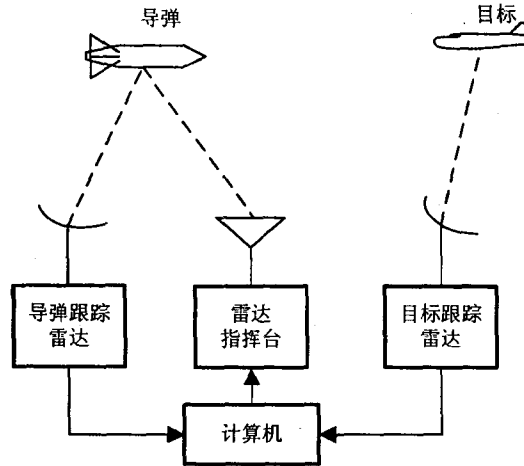


图 1.7 例 1.3 发电机电压调节系统方框图

1.3 习题精选

题1.1 试回答以下问题：

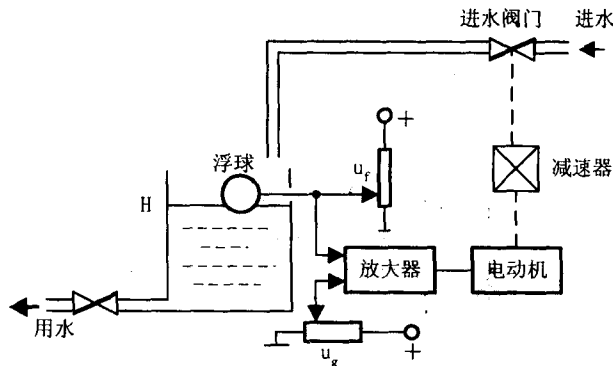
- (1) 比较开环控制系统和闭环控制系统的特点；
- (2) 比较恒值控制系统和随动系统的特点；
- (3) 用方框图说明负反馈控制系统的组成、特点和工作原理。



题图1.1 题1.2指挥制导拦截系统

题1.2 题图 1.1 为一个指挥制导拦截系统的简单原理图。目标跟踪雷达和导弹跟踪雷达分别跟踪敌方轰炸机和我方拦截导弹，向计算机提供它们的位置、角度和变化速度等数据，以便计算机算出它们的飞行路线。导弹上的雷达接收器接收地面雷达指挥台的指令，通过弹上飞行控制器控制导弹按照合理的路线飞行，以便准确击中目标。试分析该系统的工作原理并画出原理方框图。

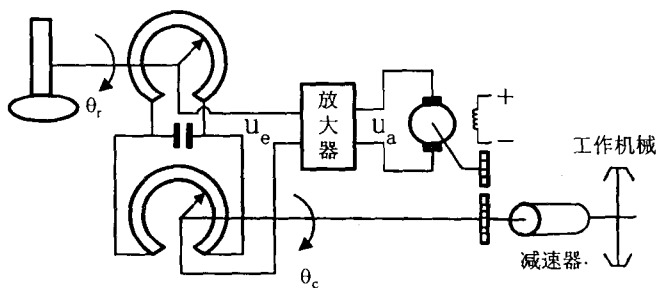
题1.3 题图 1.2 所示水位控制系统，要求：



题图1.2 题1.3水位控制系统

- (1) 画出方框图, 指出系统的输出量和输入量(包括给定输入量和扰动输入量);
- (2) 分析工作原理。

题1.4: 位置伺服系统的工作原理如题图 1.3 所示, 角位置 θ_r 为输入量, 工作机械的角位置 θ_c 为输出量。试分析系统的工作原理并画出方框图。



题图1.3 题1.4位置伺服系统工作原理图